

**ANNALEN**  
**DER**  
**PHYSIK UND CHEMIE.**

---

**BAND CXIV.**

THE HISTORY OF

AMERICA

FROM THE FIRST DISCOVERY  
TO THE PRESENT TIME

BY

JOHN ADAMS

IN TWO VOLUMES

LONDON

**ANNALEN**  
DER  
**P H Y S I K**  
UND  
**C H E M I E.**

---

**VIERTE REIHE.**

---

**HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN**

**VON**

**J. C. POGGENDORFF.**

---

**VIER UND ZWANZIGSTER BAND.**

---

**NEBST DREI FIGURENTAFELN.**

---

**LEIPZIG, 1861.**

**VERLAG VON JOHANN AMBROSIOUS BARTH.**

ANNALS

OF

PHYSIK

AND

ONLINE

ALBERT WEIN

PROFESSOR OF PHYSICS

AT

THE UNIVERSITY OF

THE UNIVERSITY OF

THE UNIVERSITY OF

LEIPZIG, 1881.

PRINTED AND SOLD BY THE UNIVERSITY OF





**ANNALEN**  
DER  
**P H Y S I K**  
UND  
**C H E M I E.**

---

HERAUSGEGEBEN ZU BERLIN

VON

**J. C. POGGENDORFF.**

**HUNDERT UND VIERZEHNTER BAND.**

**DER GANZEN FOLGE HUNDERT UND NEUNZIGSTER.**

---

NEBST DREI FIGURENTAFELN.

---

**LEIPZIG, 1861.**

**VERLAG VON JOHANN AMBROSIOUS BARTH.**



ANNALEN

DER

PHYSIK

UND

CHEMIE

HERAUSGEGEBEN VON

J. C. POEGENDORF

PROFESSOR DER PHYSIK UND CHEMIE

AN DER UNIVERSITÄT ZÜRICH

STADT DRUCKEREI

LEIPZIG 1861

VERLAG VON JOHANN NEUBAUER

# Inhalt

des Bandes CXIV der Annalen der Physik und Chemie.

## Erstes Stück.

	Seite
I. Untersuchung über die bei Volumveränderung fester Körper entstehenden Wärmephenomene, wie deren Verhältniß zu der dabei geleisteten mechanischen Arbeit; von E. Edlund . . . . .	1
II. Ueber die Aenderung, welche die Modification des mittleren Volums durch Aenderung der Temperatur erleidet; von P. Kremers	41
III. Ueber das Gefrieren des Wassers aus Salzlösungen; von F. Rüdorff . . . . .	63
IV. Ueber die neueren Linsensysteme von Merz und von Hartnack und über die Gränzen des optischen Vermögens unserer heutigen Mikroskope; von P. Harting . . . . .	82
V. Ueber das innere Gefüge der näheren Bestandtheile des Meteor-eisens; vom Freiherrn v. Reichenbach . . . . .	99
VI. Das Elektro-Galvanometer; von Meyerstein . . . . .	132
VII. Methode zur Bestimmung der Brechungscoefficienten; von Dem-selben . . . . .	140
VIII. Beschreibung eines Photometers; von H. W. Dove . . .	145
IX. Ueber Binocularsehen und subjective Farben; von Demselben	163
X. Ueber die Anwendung des Aragonits als Polarimeter; von Dem-selben . . . . .	169
XI. Zum körperlichen Sehen; von F. v. Recklinghausen . .	170

	Seite
XII. Ueber die Gesetze der Polarisation durch einfache Brechung; von F. Pfaff . . . . .	173
XIII. Ueber die Abhängigkeit der Verdunstung von der Größe der exponirten Oberfläche; von G. Reischauer . . . . .	177
XIV. Flüssigkeitsdiffusion, angewandt auf Analyse; von Th. Graham . . . . .	187
( <i>Geschlossen am 4. October 1861.</i> )	

## Zweites Stück.

I. Ueber die elektrischen Ringfiguren; von P. Riefs . . . . .	193
II. Erklärung des Vorkommens optisch zweiaxiger Substanzen im rhomboëdrischen System; von A. Schrauf . . . . .	221
III. Bestimmung der Schwingungsrichtung des Lichtäthers durch die Reflexion und Brechung des Lichts; von L. Lorenz . . . . .	238
IV. Ueber die näheren Bestandtheile des Meteoreisens. Das Band- eisen; von Freiherrn von Reichenbach . . . . .	250
V. Ueber die näheren Bestandtheile des Meteoreisens. Das Fülleisen; von Demselben . . . . .	264
VI. Ueber einige durch die Haarröhrchen-Anziehung hervorgebrachte Trennungswirkungen; von C. F. Schönbein . . . . .	275
VII. Ueber die Frage: Ob die tägliche Schwankung des Barometers durch die Erwärmung der Erdoberfläche erklärt werden könne, oder sie theilweise einem kosmischen Einfluß zugeschrieben wer- den müsse; von Lamont . . . . .	281
VIII. Ueber das Verhältniß der magnetischen Horizontal-Intensität und Inclination in Schottland; von Demselben . . . . .	287
IX. Ueber den Einfluß der Wärme auf Phosphorescenz; von O. Fiebig . . . . .	292
X. Ueber die Anziehung der Quecksilbertheilchen gegen einander; von Demaelsen . . . . .	296
XI. Ueber die Veränderungen im Inductionsstrom bei Anwendung verschiedener Widerstände; von G. Magnus . . . . .	299
XII. Einige Bemerkungen zu der Abhandlung des Hrn. Siemens: Ueber Widerstandsmaasse und die Abhängigkeit des Leitungswi- derstands der Metalle von der Wärme; von A. Matthiessen . . . . .	310
XIII. Zur Theorie der Zungenpfeifen; von Helmholtz . . . . .	321
XIV. Ueber Fluorescenz der Auszüge aus den verschiedenen Theilen der Pflanzen; von C. B. Greife . . . . .	327
XV. Blitze ohne Donner; von J. Schneider . . . . .	333
XVI. Stickstoff in Meteoreisen; von Boussingault . . . . .	336
( <i>Geschlossen am 12. October 1861.</i> )	

## VII

### Drittes Stück.

	Seite
I. Ueber die Beschaffenheit des Filtrats bei Filtration von Gummi-, Eiweiß-, Kochsaals-, Harnstoff- und Salpeterlösung durch thierische Membran; von W. Schmidt . . . . .	337
II. Vergleichende Bemerkungen über die Krystallformen organischer Verbindungen vom Typus des Ammoniaks; von C. Rammelsberg . . . . .	393
III. Zur Theorie des Condensators; von W. v. Bezold . . . . .	404
IV. Ueber die Constitution der Oxacetsäure; von W. Heintz . . . . .	440
V. Ueber die näheren Bestandtheile des Meteoreisens; die Wülste und das Glanzeisen; vom Freiherrn v. Reichenbach . . . . .	477
VI. Ueber die thermischen Axen der Krystalle des ein- und eingliedrigen Systems; von C. Neumann in Halle . . . . .	492
VII. Newton's Ringe durchs Prisma betrachtet; von F. Place . . . . .	504
VIII. Ueber die Bestimmung des Kohlenstoffs im Eisen; von W. Weyl . . . . .	507
IX. Ueber Lithion und Fluorkalium als Bedingungen zur Fruchtbildung der Gerste; vom Fürsten Salm-Horstmar . . . . .	510

(Geschlossen am 7. November 1861.)

### Viertes Stück.

I. Neue Methode, das Wärmeleitungsvermögen der Körper zu bestimmen; von A. J. Ångström . . . . .	513
II. Ueber das Gefrieren, des Wassers und über die Bildung des Hagels; von L. Dufour . . . . .	530
III. Ueber eine Methode zu untersuchen, ob das Polarisationsazimut des gebrochenen Strahls durch die Bewegung des brechenden Körpers abgeändert werde; Anwendung dieser Methode; von H. Fizeau . . . . .	554
IV. Ueber die Abhängigkeit der pseudoskopischen Ablenkung paralleler Linien von dem Neigungswinkel der sie durchschneidenden Querlinien; von F. Zöllner . . . . .	587
V. Ueber die Bestimmung des specifischen und absoluten Gewichts frisch gefällter Niederschläge; von G. v. Piotrowski . . . . .	591
VI. Experimentelle und theoretische Untersuchungen über die Gleichgewichtsfiguren einer flüssigen Masse ohne Schwere; von J. Plateau (Fünfte Reihe) . . . . .	597
VII. Ueber eine Benutzung des Violinbogens zur Hervorbringung harmonischer Töne einer Saite; von F. Melde . . . . .	609
VIII. Beitrag zur Kenntniss der Krystallformen einiger Oxyde; von A. E. Nordenskjöld . . . . .	612

	Seite
IX. Ueber die Amidobuttersäure; von R. Schneider . . . . .	627
X. Bemerkungen über Radiation und Absorption; von J. Tyndall . . . . .	632
XI. Ueber den Durchgang der strahlenden Wärme durch feuchte Luft und über die hygroskopischen Eigenschaften des Steinsalzes; von G. Magnus . . . . .	635
XII. Der Erdstrom und der Zusammenhang desselben mit dem Mag- netismus der Erde; von Lamont . . . . .	639
XIII. Ueber das Daseyn eines zweiten krystallisirbaren, fluorescirenden Stoffs in der Rinde der Roskastanie; von G. G. Stokes . . . . .	646
XIV. Positive und negative Fluorescenz. Phosphorescenz und Fluor- escenz; von H. Emsmann . . . . .	651
XV. Ueber eine schöne Interferenzerscheinung auf der Düne zu Hel- goland; von E. Hallier . . . . .	657
(Geschlossen am 7. Januar 1862.)	

### Nachweis zu den Kupfertafeln.

- Taf. I. — Edlund, Fig. 1, S. 3; Fig. 2, S. 5. — Meyerstein, Fig. 3 u. 4, S. 133; Fig. 5 u. 6, S. 134; Fig. 7, S. 137; Fig. 8, S. 139. — Meyerstein, Fig. 9, S. 140; Fig. 10, S. 141. — W. Schmidt, Fig. 11, S. 345; Fig. 12 u. 13, S. 384.
- Taf. II. — v. Reichenbach, Fig. 1 u. 2, S. 101; Fig. 3, 4 u. 5, S. 102; Fig. 6, S. 106; Fig. 7, S. 113; Fig. 8, S. 116; Fig. 9, S. 124; Fig. 10, S. 111 u. 126; Fig. 11, S. 264; Fig. 12, S. 270; Fig. 13, S. 480; Fig. 14, S. 486. — Schrauf, Fig. 15, S. 228; Fig. 16 u. 17, S. 230. — Pfaff, Fig. 18, S. 175. — Ångström, Fig. 19, S. 519.
- Taf. III. — v. Bezold, Fig. 1, S. 409; Fig. 2, S. 412. — Melde, Fig. 3 u. 4, S. 610. — Nordenskjöld, Fig. 5 u. 6, S. 613; Fig. 7 u. 8, S. 615; Fig. 9, S. 616; Fig. 10, S. 618; Fig. 11 u. 12, S. 619; Fig. 13 u. 14, S. 620; Fig. 15, 16, 17 u. 18, S. 622; Fig. 19, S. 623; Fig. 20 u. 21, S. 624; Fig. 22 u. 23, S. 625.

## Berichtigungen.

Zum Aufsatz von A. Schrauf, Bd. CXII.

S. 591 Z. 22 v. u. statt: unabhängig lies: abhängig

Zum Aufsatz von O. E. Meyer, Bd. CXIII.

S. 59 Z. 5 v. o. statt: Gesetates lies: Gesetzes

S. 62 Z. 13 v. u. statt: tardirten lies: tordirten

S. 62 Z. 11 v. u. statt: tardirenden lies: tordirenden

S. 66 Z. 10 v. u. statt: vernächlüssigt lies: vernachlässigt

S. 73 Gl. (9) statt:  $-\frac{2}{3}k$  lies:  $-\frac{2}{3}k^3$

S. 222 Z. 15 v. u. statt: 0,741 lies: 0,0741

S. 237 Z. 15 v. o. statt:  $2R^3\delta_0 + R_0^4 + 2R_0^3\delta$  lies:  $2R^3\delta + R_0^4 + 2R_0^3\delta_0$

S. 423 Z. 11 v. o. statt: weche lies: welche

Zum Aufsatz von Quincke, Bd. BXIII.

S. 544 Z. 11 v. u. statt: 0,00002645 lies: 0,0002645

S. 544 Z. 9 v. u. statt: 0,00002606 lies: 0,0002606

S. 584 Z. 11 v. u. statt: Fig. 5 lies: Fig. 7

Zum Aufsatz von A. Schrauf, Bd. CXIV.

S. 222 Z. 4 v. u. statt: Lamellenpolarisation lies: Lamellarpolarisation

S. 230 Z. 8 v. o. statt: 110 lies: 010

S. 231 Z. 11 v. o. statt:  $k \pm h$  lies:  $k \mp h$

S. 231 Z. 3 v. u. statt:  $M^3h^3 + M^3k^3$  lies:  $M^3h^3 + 3M^3k^2$

S. 221 Z. 3 v. o. statt: Krystallphysik lies: Krystallophysik

Zum Aufsatz von v. Reichenbach, Bd. CXIV.

S. 110 Z. 10 v. o. ist Lokport auszustreichen

S. 110 Z. 17 v. o. ist Lokport auszustreichen

S. 111 Z. 14 v. o. statt: Fig. 10 lies Fig. 6

S. 484 Z. 12 v. u. statt: Bandeisen lies Balkeneisen

S. 490 Z. 20 v. o. statt: Eisengruben lies: Eisentheilen

S. 487 Z. 7 v. u. ist Lokport auszustreichen

S. 121 Z. 16 v. o. statt: Seras lies: Seres

S. 121 Z. 17 v. o. statt: Eisenstricke lies: Eisengestricke

S. 122 Z. 8 v. u. statt: Clairborne lies: Claiborne

S. 251 Z. 24 v. o. statt: ihrer Löslichkeit des Metalls lies: der Löslichkeit ihres Metalls

S. 254 Z. 21 v. o. statt: zersetztes lies: zerfetztes

S. 254 Z. 11 v. u. statt: Balkens anschließen lies: Balkeneisens anschließen

S. 256 Z. 11 v. o. ist nach dadurch einzuschalten: von Balken und Fülleisen

S. 260 Z. 4 v. o. ist nach Kamacit einzuschalten: nahe

S. 374 Z. 14 v. o. ist das Wort vollkommen auszustreichen

Zum Ansatz von Matthiessen, Bd. CXIV.

S. 318 Z. 3 v. o. statt: bei 0° C. = 100 lies: bei 0° C. = 226

No

L.  
fest  
derGrü  
der  
dur  
men  
me  
dun  
Wa  
Wa  
ser  
Wa  
nun  
daf  
me  
rich  
dun  
ren  
ver  
nun  
ter

1)

P



**I. Untersuchung über die bei Volumveränderung fester Körper entstehenden Wärmephänomene, sowie deren Verhältniß zu der dabei geleisteten mechanischen Arbeit; von E. Edlund.**

(Gelesen in der Akademie der Wissenschaften zu Stockholm den  
14. November 1860.)

1. Vor 11 Jahren stellte Clausius auf theoretische Gründe folgende Behauptung für die mechanische Theorie der Wärme auf: »In allen Fällen, wo mechanische Arbeit durch Wärme entsteht, *verschwindet* oder wird eine Wärmemenge *verbraucht*, welche proportional ist der entstandenen mechanischen Arbeit; und umgekehrt, kann durch Anwendung einer gleich großen mechanischen Arbeit dieselbe Wärmemenge wieder hervorgebracht werden.« — Dafs Wärme verschwindet, wenn mechanische Arbeit durch Wasserdampf verrichtet wird, ist bereits auf experimentellem Wege bewiesen worden<sup>1)</sup>. In Nachfolgendem werden wir nun unter anderem durch experimentelle Beweise zeigen, dafs derselbe Grundsatz seine volle Gültigkeit hat, wenn mechanische Arbeit durch die Elasticität fester Körper verrichtet wird.

Wenn ein elastischer fester Körper sein Volum während Verrichtung oder Absorbirung mechanischer Arbeit verändert, so verändert sich auch seine Temperatur. Wenn nun hiernach der Körper derselben Volumveränderung unterliegt, ohne dafs äufsere mechanische Arbeit dabei entsteht

1) *Recherches expérimentales sur la valeur de l'équivalent mécanique de la chaleur; par G. A. Hirn. Colmar 1858.*

oder verschwindet, so muß, wenn die Behauptung des Hrn. Clausius Gültigkeit besitzt, die Veränderung, welche der Körper in der Temperatur erleidet, verschieden seyn von der, welche im ersten Falle entsteht. Da der Körper bei diesen beiden Gelegenheiten in jeder Hinsicht vollkommen dieselbe Veränderung seines Zustandes erlitten, — nur mit dem Unterschiede, daß in dem einen Falle, während des Vorganges der Veränderung selbst äußere mechanische Arbeit geleistet oder verschwunden ist, aber nicht in dem zweiten; — so kann der Unterschied zwischen den entstandenen Veränderungen in dem Wärmezustande des Körpers, im Fall eine solche sich zeigt, seinen Ursprung nur von der äußern mechanischen Arbeit herleiten, welche in einem Falle entstanden oder verschwunden ist, aber nicht im andern. Hierbei muß man natürlich genau achtgeben, daß die Volumveränderung des Körpers innerhalb der Elasticitätsgränzen vor sich geht, weil im entgegengesetzten Falle die Körpertheile in ein neues stabiles Gleichgewicht treten, wobei Wärmephänomene entstehen, die der vorstehenden Frage fremd sind.

2. Die Temperaturveränderungen, welche durch Vergrößerung oder Verminderung des festen Körpervolums innerhalb der Elasticitätsgränzen hervorgebracht werden können, sind nur sehr geringe. Hiezu kommt außerdem noch, daß der Körper durch Ausstrahlung und durch Berührung mit der Luft bald dieselbe Temperatur wie die ihn umgebenden Körper erhält. Da indessen für die Lösung des Problems diese unbedeutenden Temperaturvariationen mit gehöriger Genauigkeit, wenigstens relativ oder im Verhältniß zu einander, mußten gemessen werden können, so war es vor allem nothwendig, einen zweckmäßigen, auch für die unbedeutendsten Temperaturvariationen empfindlichen Meßapparat für die Wärme anzuschaffen. Ich bediente mich hierzu der Thermoelectricität<sup>1)</sup>. Ein der Aka-

1) Bei den ersten dieser Versuche, die schon im Mai 1860 angestellt wurden, leistete mir Hr. Dr. J J Chydenius seine gütige Beihilfe, für welche ich hiermit meinen freundschaftlichen Dank ablege.

demie der Wissenschaften gehöriges Magnetometer, aus einer dicken Hülse von eisenfreiem Kupfer bestehend, welche mit drei Lagen übersponnenem Kupferdraht umwickelt war, wurde auf die Weise verändert, daß man den dem Magnetometer gehörigen, dicken Magnet wegnahm und ihn durch zwei, 165<sup>mm</sup> lange und 5<sup>mm</sup> dicke Magnetstangen ersetzte, welche astatisch mit einander verbunden und mit einem an diesen festgeschriebenen Spiegel, so in den Apparat gehängt wurden, daß die obere Nadel oberhalb des auf der Kupferhülse umwickelten Drahtlagers und die untere innerhalb desselben zu hängen kam. Um die obere Nadel gegen Luftzug zu schützen, schloß man sie in einen kleinen Kasten ein, dessen Wände aus Kupfer und Glas bestanden. Das Nadelsystem sammt dem dazugehörigen Spiegel wurde an einem Coconfaden von 320<sup>mm</sup> Länge aufgehängt, eingeschlossen in eine auf der obern Seite des Apparats festgeschrobene Messingröhre. Alle Oeffnungen waren so gut als möglich hermetisch geschlossen, so daß der Raum, in welchem sich Nadeln, Spiegel und Drähte befanden, von dem Aeußern abgesperrt waren. Die wärmeleitende Kupferhülse hielt die Temperatur der Luft in dem eingeschlossenen Raume so gleich auf allen Stellen, daß eine störende Einwirkung von Luftströmen im Apparate bei den Versuchen nicht verspürt wurde. Die Bewegungen der Nadel wurden auf die gewöhnliche Weise vermittelt des Fernrohrs beobachtet, welches auf einen so großen Abstand von dem Apparat aufgestellt war, daß ein Scalatheil (= 1<sup>mm</sup>), obschon etwas verschieden in den verschiedenen Observationsserien, ungefähr 37 Sekunden im Winkel entsprach.

3. Die zu untersuchenden Körper waren drahtförmig. Zu deren Ausdehnung gebrauchte man einen Apparat von folgender einfachen Beschaffenheit: Ein dicker eichener Balken (Fig. 1 Taf. I) 2,5<sup>m</sup> lang, 120<sup>mm</sup> breit und 70<sup>mm</sup> dick, welcher vertical in einen Thürrahmen festgeschrieben wurde, war an seinem obern Ende mit einem hervorstehenden, dicken eisernen Arm (a) versehen, in welchem die obern

Enden der Drähte festgeschroben wurden. 600<sup>mm</sup> darunter war am Balken eine Axe von Messing (*b*) festgeschroben. Um diese Axe bewegte sich ein Hebel (*a'a''*) 475<sup>mm</sup> lang, dessen obere Seite vollkommen eben war. Dieser Hebel wurde durch ein auf der Seite der Axe hängendes Gegengewicht balancirt. Auf diesem Hebel konnte ein Messinggehäng (*c*), welches die Gewichte (*d*) trug, womit die Drähte gespannt werden sollten, auf einer kleinen Rolle (*e*) hin- und hergeschoben werden. An dem untern Ende der Drähte wurde eine Klammer von Stahl (*f*) festgeschroben, in welcher ein rundes Loch gebohrt war. Auf der dem Eichenbalken zugewendeten Seite war der Hebel mit einer Gabel versehen, durch deren beide Schenkel gleich große horizontale, sich gerade gegenüber und winkelrecht gegen die Länge des Hebels zu stehende Löcher gebohrt waren. Das untere Ende des Drahts wurde an dem Hebel auf die Weise befestigt, daß die Stahlklammer, nachdem der Draht darin festgeschroben worden war, in die genannte Gabel eingeführt wurde, so daß die Löcher sich gerade gegenüber kamen, worauf ein mit einem Knopf versehener Stahlcylinder von der Vorderseite des Hebels durch das Loch gesteckt wurde. Um mit Genauigkeit den Winkel messen zu können, den der Hebel während der Ausdehnung oder Zusammenziehung der Drähte beschrieb, war der Hebel mit einem Spiegel (*g*) versehen, in welchem man eine Scala mit einem Fernrohr ablas. Ein Scalatheil ( $= 1^{\text{mm}}$ ) entsprach einem Winkel von 47,6 Sekunden. Da der größte Winkel, den der Hebel während der verschiedenen Versuche beschrieb, niemals 2 Grade ausmachte, und da zugleich der Hebel bei der mittelsten Belastung aller Versuchsserien beinahe horizontal war, so kann man, ohne einen merkbaren Fehler zu begehen, die Verlängerungen oder Verkürzungen der Drähte proportional mit den Winkeln ansehen, was hier gleich mit den im Fernrohre gelesenen Scalatheilen ist. Der Abstand von dem Punkte, an welchem der Draht befestigt war, bis zur Mitte der Hebel-Axe betrug 51<sup>mm</sup>. Wenn der Hebel horizontal lag, betrug der Winkel,

der durch eine durch den Mittelpunkt der Axe bis zum Festpunkte der Drähte gezogene Linie mit der Horizontalinie gebildet wurde  $12^{\circ} 30'$ . Auf diese Weise gerechnet betrug die Verlängerung der Drähte, welche einen Scala- theil im Fernrohre entspricht,  $0,0114^{\text{mm}}$ . Die Länge der Drähte belief sich bei allen Versuchen ungefähr auf  $590^{\text{mm}}$ .

4. Die Construction des thermoelektrischen Apparats, der an den Drähten applicirt wurde, um die Temperaturvariationen anzugeben, unterlag Anfangs mehreren Veränderungen. Nachfolgende Construction wurde als die wirklich zweckmäfsigste befunden:  $h$  und  $h'$  (Fig. 2 Taf. I) sind zwei kleine cylindrische Hüllen von Knochen, welche mit Flänsen ( $k$  und  $k'$ ) versehen und der Länge nach durchbohrt sind. An den äufsern Enden sind diese Löcher mit Gewinden versehen und darin zwei Kupferschrauben ( $l$  und  $l'$ ) eingeschoben. Damit diese Schrauben während der Versuche unverrückt blieben, war jede mit einer Hemmmutter versehen ( $o$ ,  $o'$ ). Mit diesen Schrauben stehen Drähte in Verbindung, die nach dem Magnetometer führen. In die eine Knochenhülle ist ein Wismuthkrystall und in die andere ein Krystall von Antimon eingelegt (beide zu einer cylindrischen Form abgeschliffen), so dafs die Krystalle mit den äufsern Enden an die Enden der Kupferschrauben stossen und mit den innern über die Knochenhüllen hervorragen<sup>1)</sup>.

- 1) Die Ursachen, weshalb ich nach einigen vorherigen Versuchen schliesslich *Krystalle* von Wismuth und Antimon anstatt gewöhnlicher Stangen dieser Metalle gebrauchte, waren folgende. Bricht man eine solche Stange entzwei, so gewahrt man in dem krystallinischen Bruche, dafs die kleinen Krystalle alle möglichen Lagen gegeneinander haben. Nun aber ist die thermoelektrische Kraft bei diesen Krystallen verschieden bei den verschiedenen Krystallisationsflächen. Wenn man daher zu zwei verschiedenen Malen denselben Draht im Apparat festschraubt, so erhält man nur dieselbe elektromotorische Kraft, so bald der Draht bei beiden Gelegenheiten genau dieselben Stellen der Stapelstangen berührt. Schraubt man den Apparat ungleich stark zu, so dafs der Draht einmal mehr als das anderemal eingedrückt wird, so kann dadurch auch eine ungleiche elektromotorische Kraft entstehen, da die Drähte dabei in Berührung mit andern Krystallflächen kommen. Diese Schwierigkeiten verschwinden, wenn man Krystalle anwendet.

Auf jede Knochenhülse wurde eine gehämmerte Messingfeder ( $mm, m'm$ ) gesetzt, welche in der Mitte ein so großes Loch hatte, daß der Knochenzylinder, doch nicht die an dessen Enden sich befindenden Flansen, hindurchgehen konnte. Diese Messingfedern konnten mit drei Schrauben zusammengeschoben werden, die durch die Löcher  $mm, n'n'$  gingen, von denen die in den Federn  $mm$  Gewinde hatten. Als der thermoelektrische Apparat gebraucht wurde, setzte man den Draht zwischen die beiden Krystall-Enden und schrob die Schrauben zu. Durch die Elasticität der Messingfedern wurde der Druck gegen die Drähte unverändert beibehalten. Um aber die Drähte so viel als möglich gegen fremde Temperaturwechsel zu schützen, wurden dieselben von einem Holzschranke umgeben ( $B$ ), dessen Vorderseite aus einer Glashür bestand ( $C$ ). Um wenigstens in Etwas überall im Schranke eine gleichmäßige Lufttemperatur beizubehalten, war derselbe inwendig mit Stanniol belegt.

5. Wie die Ausschlagswinkel der Magnetonadel sich zu den Temperaturvariationen der Drähte verhalten, kann man am besten auf folgende Weise zeigen: Man lasse  $m$  den Einfluß der erdmagnetischen Kraft auf das Nadelsystem bedeuten, dividirt mit dem Trägheitsmoment des letztern,  $k$  den Einfluß des thermoelektrischen Stromes, der durch die Einheit des Temperatur-Ueberschusses entsteht, und  $2n$  einen Faktor, abhängig von der durch die dicke Kupferhülse und dem Drahtlager verursachten Dämpfung, diese beiden letztern Quantitäten ebenfalls dividirt mit dem Trägheitsmoment; so erhält man zum Berechnen der Bewegungen des Nadelsystems, da  $x$  den variablen Ausschlagswinkel bedeutet, (welche, da diese sehr klein sind, für den Sinus gesetzt werden können),  $t$  die Zeit und  $v$  den Wärme-Ueberschuß bei der Zeit  $t$ :

$$\frac{d^2x}{dt^2} = -mx + kv - 2n \frac{dx}{dt} \dots (1).$$

Der Wärmeverlust, der bei den Drähten durch Ausstrahlung und Berührung mit der Luft entsteht, kann, da die Temperatur-Ueberschüsse so gering sind, als proportio-

nal mit dem Temperatur-Ueberschusse angesehen werden. Wenn  $a$  den Wärmeverlust während der Zeiteinheit bei dem Einheits-Wärmeüberschusse bedeutet, so hat man folglich

$$dv = -avdt.$$

Nennt man  $v_0$  den Temperatur-Ueberschuss, der durch die Volumveränderung der Drähte am Anfange der Oscillation sich entwickelt, so erhält man:

$$v = v_0 e^{-at} \quad (2).$$

Setzt man diesen Werth von  $v$  in die Gleichung (1) so wird:

$$\frac{dx^2}{dt^2} = -mx + kv_0 e^{-at} - 2n \frac{dx}{dt} \quad (3)$$

Wird diese Gleichung integrirt, so erhält man:

$$x = e^{-nt} (C \cos(t\sqrt{m-n^2}) + C_1 \sin(t\sqrt{m-n^2})) + \frac{kv_0 e^{-at}}{a^2 - 2an + m} \quad (4)$$

und

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} = h &= (C_1 \sqrt{m-n^2} - nC) \cos(t\sqrt{m-n^2}) e^{-nt} \\ &- (C \sqrt{m-n^2} + nC_1) \sin(t\sqrt{m-n^2}) e^{-nt} \\ &- \frac{kav_0}{a^2 - 2an + m} e^{-at} \quad (5) \end{aligned}$$

Wenn in den Gleichungen (4) und (5) die Constanten so bestimmt werden, dass  $x$  und  $h$  zugleich mit  $t$  Null werden, so erhält man

$$\begin{aligned} h &= \frac{kav_0}{a^2 - 2an + m} \cos(t\sqrt{m-n^2}) e^{-nt} \\ &+ \frac{kv_0(m-an)}{\sqrt{m-n^2}(a^2 - 2an + m)} \sin(t\sqrt{m-n^2}) e^{-nt} \\ &- \frac{kav_0}{a^2 - 2an + m} e^{-at} \quad (6) \end{aligned}$$

und

$$\begin{aligned} x &= \frac{kv_0}{a^2 - 2an + m} e^{-at} \\ &+ \frac{kv_0(a-n)}{\sqrt{m-n^2}(a^2 - 2an + m)} \sin(t\sqrt{m-n^2}) e^{-nt} \\ &- \frac{kv_0}{a^2 - 2an + m} \cos(t\sqrt{m-n^2}) e^{-nt} \quad (7). \end{aligned}$$



Wenn in der Gleichung (6) die Geschwindigkeit ( $h$ ) gleich Null gemacht wird, so erhält man die Zeit, welche die Nadel zu einem Ausschlag gebraucht. Da  $kv_0$  als Faktor in alle Termen eingeht, so kann dieser hinwegdividirt werden, und diese Gleichung zeigt folglich, daß die Oscillationszeit unabhängig von der Wärmemenge ist, welche bei Beginn der Oscillationszeit im Drahte entwickelt wird. Da dagegen  $a$  eine Veränderung von einem Drahte zum andern unterliegen kann, so kann die Oscillationszeit, wenn verschiedene Drähte als Wärmequelle benutzt werden, etwas variiren. Wenn die von  $v_0$  für einen und denselben Draht unabhängige Ausschlagszeit in die Gleichung (7) gesetzt wird, so erhält man die Gröfse des Ausschlags. Da in dieser Gleichung  $kv_0$  als Faktor in alle Termen eintritt, so folgt daraus, daß für denselben Draht *die Ausschläge proportional mit den entwickelten Wärmemengen sind*. Bei vorstehender Rechnung hat man angenommen, daß sich die Wärmemenge  $v_0$  in dem Augenblicke entwickelt, da die Nadel sich zu bewegen beginnt; was nicht ganz exact seyn kann, weil eine gewisse, wenn auch noch so geringe Zeit im Verhältnisse zur Oscillationszeit der Nadel, für die Ausdehnung oder Zusammenziehung der Drähte vergeht, da die Gewichte auf dem Hebel hin- und hergeführt werden. Daß dieß indessen keinen merkbaren Einfluß auf die Oscillationsamplitude hat, wird dadurch bewiesen, daß man denselben Ausschlag erhält, wenn die Gewichte von der Axe des Hebels nach dessen Ende oder umgekehrt entweder in 6 oder 2 Sekunden gefunden wurden. Die Zeit also, welche die Ausdehnung oder Zusammenziehung der Drähte beansprucht, übt sonach, vorausgesetzt, daß sie an Länge nicht eine gewisse Gränze überschreitet, keinen wesentlichen Einfluß auf die Gröfse des Ausschlags aus. Außerdem ist bei der Rechnung vorausgesetzt worden, daß der thermoelektrische Strom proportional mit den Temperaturvariationen der Drähte ist; eine Voraussetzung, die mit Grund als richtig angenommen werden darf, da alle jene vorkommenden Variationen sehr gering sind. Daß übrigens



das Resultat oben stehender Berechnung bezüglich der Abhängigkeit des Ausschlags von der entwickelten Wärmemenge richtig ist, wird experimentell durch die Versuche selbst bewiesen. Am leichtesten kann dieser Beweis folgender Weise geführt werden: Man dehnte einen Stahldraht (Klaviersaite) dadurch aus, daß man die Gewichte bis zum äußersten Ende des Hebels führte. Als die Nadel zur Ruhe gekommen war, wurde das Gewicht wieder zur Axe des Hebels geführt. Dabei zog sich der Draht zusammen und entwickelte Wärme, welche den Magnet in Bewegung setzte. Die Zahlen, welche in der ersten Reihe der folgenden Versuchsserien stehen, bezeichnen die Gleichheitslagen der Nadel vor den Observationen; und die in der zweiten Reihe die Punkte auf der Scala, zu welchen die Nadel sich wandte. Der Unterschied zwischen beiden macht sonach den durch die Wärme verursachten Ausschlag aus:

372,5	368,5	363,0	364,0	378,0	380,0
435,0	430,5	428,5	429,0	444,0	442,5
62,5	62,0	65,5	65,0	66,0	62,5
389,0	395,0				
451,0	458,0	Medium = 63,56.			
62,0	63,0.				

Hierauf wurden dieselben Gewichte von dem äußersten Ende des Hebels nach  $a'$  geführt. Dabei erhielt man folgenden Ausschlag:

364,5	344,0	347,0	348,5	365,5	366,0
387,0	367,0	371,0	370,5	388,5	389,5
22,5	23,0	24,0	22,0	23,0	23,5
368,5	362,0				
392,0	385,5	Medium = 23,13.			
23,5	23,5.				

Als man die Gewichte von  $a'$  nach  $a''$  führte, wurde das Verhältniß folgendes:

358,0	361,5	360,0	347,0	336,5	364,0
384,5	387,5	386,0	373,0	363,0	389,5
26,5	26,0	26,0	26,0	26,5	25,5
362,0	363,0				
387,5	388,0	Medium = 25,88.			
25,5	25,0				

Endlich wurden die Gewichte von  $a''$  nach der Axe des Hebels geführt, wodurch folgende Zahlen erhalten wurden:

363,0	360,0	360,0	373,0	377,5	378,0
379,0	374,5	375,0	388,0	393,0	393,5
16,0	14,5	15,0	15,0	15,5	15,5
383,0	375,0				
397,0	388,5	Medium = 14,88.			
14,0	13,5				

Die Summe der drei letzten Media beträgt 63,89 und unterscheidet sich sonach nur mit 0,33 von dem ersten Medium. Diese Zahlen können also als vollkommen gleich groß angesehen werden. Angenommen der Ausschlag sey eine beliebige Funktion ( $f$ ) der entwickelten Wärme. Nennt man dann die sich entwickelnde Wärme durch Führung der Gewichte vom Ende des Hebels bis zur Axe  $V$  und den entsprechenden Ausschlag  $X$ , so hat man

$$X = f(v)$$

Wenn  $v$ ,  $v_1$ ,  $v_n$ ;  $x$ ,  $x_1$  und  $x_n$  entsprechende Bedeutung haben, für den Fall, daß die Gewichte von dem Ende des Hebels bis  $a'$ , von  $a'$  nach  $a''$  und von  $a''$  bis zur Axe geführt werden, so ist auf dieselbe Weise

$$x = f(v); x_1 = f(v_1); x_n = f(v_n)$$

Aber nun ist nach obigen Observationen  $x + x_1 + x_n = X$ ; und daraus folgt, daß

$$f(v) + f(v_1) + f(v_n) = f(V)$$

Die sich während der Führung der Gewichte vom Ende des Hebebaumes bis zur Axe entwickelnde Wärme, muß gleich groß seyn mit der Summe der Wärme, welche sich

entwickelt, wenn sie vom Ende bis  $a'$ , von  $a'$  bis  $a''$  und von  $a''$  bis zur Axe geführt werden. Man hat sonach  $v + v_1 + v_u = V$ ; und sodann

$$f(v) + f(v_1) + f(v_u) = f(v + v_1 + v_u)$$

Wenn dieser Bedingung Genüge gethan werden soll, so muß  $f$  eine Constante seyn. Experimentell ist sonach bewiesen, daß

$$x = mv; \text{ wo } m \text{ eine Constante ist.}$$

Wir gehen nun zu den eigentlichen Observationen über.

6. Ein Stahldraht (Klaviersaite) von 1,14<sup>mm</sup> in Diameter wurde in den Apparat eingesetzt. Der Draht wurde dadurch ausgedehnt, daß man nachverzeichnete, in schwedische Pfunde ausgedrückte, Gewichte mit einer Schnur von der Axe des Hebels bis zu dessen äußerstem Ende führte. Der Draht hatte also bei der Ausdehnung einen Verlust äußerer mechanischer Arbeit verursacht. Als darauf die Gewichte zur Axe zurückgeführt wurden, zog sich der Draht zusammen, und verrichtete dadurch eine ebenso große mechanische Arbeit, als bei der Ausdehnung verloren ging. Endlich wurde der Draht von neuem gespannt, und, nachdem die Nadel in Ruhe gekommen war, zog man mit einer Schnur den obenerwähnten Stahlcylinder heraus, der die Stahlklammer, in welcher das untere Ende des Drahtes eingeschoben war, an dem Hebel festhielt. Dieser letztere fiel darauf auf den Absatz ( $p$ ) und der Draht zog sich ebensoviel wie im erstern Falle zusammen, doch ohne dabei eine andere mechanische Arbeit zu verrichten, als die, welche das Heben des eigenen Gewichtes und der daran festgeschrobenen Stahlklammer erforderte. — Die Kolumne  $a$  giebt die Gleichgewichtslage der Nadel vor der Ausdehnung des Drahtes an,  $b$  den Wendepunkt der Nadel,  $u$  den Ausschlag bei der Ausdehnung des Drahtes;  $a'$  die Gleichgewichtslage der Nadel vor Zusammenziehung des Drahtes beim Verrichten von mechanischer Arbeit,  $b'$  den Wendepunkt der Nadel, und  $u'$  den Ausschlag bei Zusammenziehung des Drahtes. Die Kolumnen  $a'$ ,  $b'$  und  $u'$  geben die

entsprechende Zahl für den Fall an, daß der Draht von dem Hebel freigemacht wird und sich sonach zusammenzieht, ohne mechanische Arbeit zu verrichten. Die Kolonne  $c$  nimmt die Zahlen auf, welche in dem Fernrohre zur Bestimmung der Ausdehnung des Drahtes abgelesen wurden. Bei Ausdehnung des Drahtes erhielt die Nadel eine Bewegung entgegengesetzter Richtung gegen die, welche bei dessen Zusammenziehung entstand. Im erstern Falle entstand eine Abkühlung; im letztern eine Erwärmung. Bei der ersten Versuchsserie wurde der Strom mit einem Kommutator umgeworfen, so daß die abgelesenen Zahlen nach derselben Seite der Gleichgewichtslage fallen.

$a$	$b$	$u$	$a'$	$b'$	$u'$	$a_1$	$b_1$	$u_1$	$c$
-----	-----	-----	------	------	------	-------	-------	-------	-----

Belastung = 11,848.

257,0	209,0	48,0	279,0	233,0	46,0	282,0	185,0	97,0	769,0
258,0	210,0	48,0	282,0	239,0	43,0	294,0	195,0	99,0	767,0
262,0	217,0	45,0				297,0	206,0	91,0	773,0
283,0	238,0	45,0	288,0	239,0	49,0	298,0	199,0	99,0	775,0

Medium 46,5 46,0 96,5 771,0

Medium von  $u$  und  $u' = 46,3$ .

Belastung = 6,665.

282,0	253,0	29,0	300,0	275,0	25,0	316,0	272,5	43,5	718,0
280,0	253,5	26,5	295,0	270,0	25,0	317,0	276,0	41,0	716,5
			299,0	269,0	30,0	326,0	286,0	40,0	718,5
290,0	259,0	31,0	277,5	244,0	33,5	323,0	281,0	42,0	715,0
267,0	233,0	34,0	280,0	254,0	26,0				716,0
254,0	228,0	26,0	290,0	267,0	23,0				716,0

Medium 49,3 27,1 41,6 716,7

Medium von  $u$  und  $u' = 28,2$ .

Belastung = 8,393.

260,0	226,0	34,0	299,0	271,0	28,0	307,0	250,0	57,0	735,0
256,0	221,0	35,0	305,0	277,0	28,0	308,0	254,5	53,5	736,5
250,0	213,5	36,5	300,0	262,0	38,0	310,0	257,0	53,0	735,0
256,0	222,5	33,5	316,5	286,5	30,0	308,0	258,0	50,0	736,5
259,5	225,0	34,5	323,5	288,5	35,0	316,0	259,0	57,0	736,0
252,0	222,0	30,0	320,0	280,0	40,0	315,0	258,5	56,5	736,5

Medium 33,9 33,2 54,5 735,9

Medium von  $u$  und  $u' = 33,5$ .

$a$	$b$	$u$	$a'$	$b'$	$u'$	$a_1'$	$b_1'$	$u_1'$	$c$
Belastung = 10,242.									
296,0	259,0	37,0	319,0	275,0	44,0	334,0	260,0	74,0	756,5
303,5	256,0	47,5	329,0	289,0	40,0	342,5	268,5	74,0	752,5
299,0	258,5	40,5	338,0	293,0	45,0	349,0	276,5	72,5	755,0
326,0	279,0	47,0	357,0	321,0	36,0	349,0	274,5	75,0	757,0
317,0	277,0	40,0	345,0	300,5	44,5	358,0	283,5	74,5	756,5
326,0	285,0	41,0	336,0	292,5	43,5				756,5
Medium		42,2			42,2			74,0	755,7

Medium von  $u$  und  $u' = 42,2$ .

Belastung = 13,758.									
275,0	217,0	58,0	299,0	243,0	56,0	325,0	203,0	122,0	786,0
294,0	234,0	60,0	321,0	271,0	50,0	355,0	243,0	112,0	790,0
291,0	235,0	56,0	332,0	273,0	59,0	329,0	216,0	113,0	793,0
338,0	281,0	57,0	331,0	276,0	55,0	338,0	221,0	117,0	788,0
337,0	284,0	49,0	285,5	231,0	54,5	329,5	214,0	115,5	798,0
			286,0	232,5	53,5	340,0	223,0	117,0	794,0
Medium		56,0			54,7			116,1	791,5

Medium von  $u$  und  $u' = 55,3$ .

Aus Obenstehendem zeigt sich, daß  $u$  und  $u'$  bei derselben Belastung innerhalb der Gränzen der Observationsfehler gleich groß sind. Wie schon erwähnt, entsteht  $u$  von einer Abkühlung,  $u'$  aber von einer Erwärmung des Drahtes. Wenn der Stahldraht gedehnt wird, entsteht also eine Abkühlung, und wenn er sich dann wieder zu seinem ursprünglichen Volum und der Verrichtung äußerer mechanischer Arbeit zusammenzieht, entsteht eine Erwärmung, welche mit der Abkühlung im ersten Falle gleich groß ist<sup>1)</sup>.

- 1) So weit ich habe finden können, hat W. Weber zuerst bewiesen, daß Metalle bei Ausdehnung sich abkühlen und bei Zusammenziehung sich erwärmen. (Pogg. Ann. Bd. XX, 177.) Weber fand nämlich, daß vibrierende Metallsaiten während der ersten Sekunden ihrer Spannung einen höhern Ton angeben, als der, welcher eine Zeit lang nach der Spannung hervorkommt; sowie, daß wenn die Spannung plötzlich vermindert wird, der Ton in den ersten Sekunden darauf tiefer war, als er später wurde. Da die Tonveränderung in beiden Fällen eine gleiche war, so schloß Weber daraus, daß bei Ausdehnung des Drahtes eine Abkühlung entsteht, die gleich groß mit der Erwärmung beim Zusammenziehen ist. Nach einer Notiz im *Philosophical Magazine* 4. Ser. T. XIV, p. 226—227 hat Joule dies bestätigt gefunden. Daß feste Körper sich bei Ausdehnung abkühlen und bei Zusammenziehung

Wenn man nun zur Erhaltung einer sicherern Bestimmung dieser Abkühlung und Erwärmung das Medium der Zahlen nimmt, die man für dieselbe Belastung erhält, und berechnet diese Media unter Voraussetzung, daß sie nach der Gleichung  $x = 4,021 p$ , der Belastung proportional sind, so erhält man folgendes Resultat:

Belastung.	Aus Schlag		Unterschied zwischen Observ. u. Berechn.
	Observ	Berechn.	
6,665	28,2	26,8	— 1,4
8,393	33,5	33,7	+ 0,2
10,242	42,2	41,2	— 1,0
11,848	46,3	47,6	+ 1,3
13,758	55,3	55,3	± 0,0

Hieraus folgt also, daß die Temperaturveränderung, welche durch Ausdehnung des Drahtes oder durch Zusammenziehung desselben mit Belastung entsteht, proportional mit dem Gewichte ist, wodurch die Spannung verursacht wird.

Wenn obenstehende, berechnete Zahlen, wodurch die Abkühlung des Drahtes bei Ausdehnung oder dessen Erwärmung bei Zusammenziehung unter Verrichtung mechanischer Arbeit ausdrücken, von den Zahlen, welche bei Zusammenziehung des Drahtes *ohne* Verrichtung mechanischer Arbeit beobachtet wurden, subtrahirt werden, so erhält man folgende Reste: 14,8; 20,8; 32,8; 48,9 und 60,8. Werden diese Reste unter der Voraussetzung berechnet, daß sie den Quadraten der spannenden Gewichte laut der Gleichung  $= 0,3221 p^2$  proportional sind: so erhält man folgende Resultate:

Belastung.	Aus Schlag		Unterschied zwischen Observ. u. Berechn.
	Observ.	Berechn.	
6,665	14,8	14,3	— 0,5
8,393	20,8	22,7	+ 1,9
10,242	32,8	33,8	+ 1,0
11,848	48,9	45,2	— 3,7
14,758	60,8	61,0	+ 0,2

erwärmen, wird auch durch meine Versuche bestätigt; allein wenn die Erwärmung in einem Falle gleich groß mit der Abkühlung im andern wird, so beruht dies darauf, in wie weit der Körper bei Zusammenziehung mechanische Arbeit verrichtet oder nicht.

Wenn die Zahlen in der Kolumne c, welche die Größe der Ausdehnung des Stahldrahtes angeben, mit der Annahme berechnet werden, daß die Ausdehnung mit der Belastung proportional ist, laut der Gleichung  $x = 646,3 + 10,6p$ , so erhält man folgende Zahlen:

Belastung.	Streckung.		Unterschied.
	Berechn.	Beob.	
6,665	716,9	716,9	$\pm 0,0$
8,393	735,3	735,9	$- 0,6$
10,242	754,9	755,7	$- 0,8$
11,848	771,9	771,0	$+ 0,9$
13,758	792,1	791,5	$+ 0,6$

Hieraus folgt sonach, daß die Ausdehnung proportional mit der Belastung ist.

Wenn  $p'$  die Belastung bezeichnet, welche den Draht spannt, während derselbe sich das Wegelement  $dx$  zusammenzieht, so ist

$$\int p' dx;$$

wenn das Integral zwischen den Gränzen  $x = 0$  und  $x =$  dem Werthe der größten Ausdehnung genommen wird, die mechanische Arbeit, welche während der Zusammenziehung verrichtet wird. Allein nun ist den letztgenannten Beobachtungen nach  $dx = 10,6 dp'$ . Folglich wird der Ausdruck für die mechanische Arbeit:

$$10,6 \int_{p'=0}^{p'=p} p' dp' = 5,3 p^2$$

Aber die Observationen geben an, daß die oben erwähnten Zahlenreste proportional mit den Quadraten der spannenden Gewichte sind. Sonach folgt hieraus, daß, wenn die Zusammenziehung des Stahldrahts, ohne daß dabei mechanische Arbeit verrichtet wurde, stattfand, mehr Wärme frei wurde, als da der Draht sich mit Verrichtung mechanischer Arbeit zusammenzog, und dieser Wärme-Ueberschuß war proportional mit der im letzteren Falle verrichteten Arbeit.

7. Bei der zweiten Versuchsserie wurde ein anderer Stahldraht angewandt, doch von demselben Diameter als der vorige. Der hier angewandte thermoelektrische Apparat war etwas verschieden von dem, welcher beim ersten Versuche angewandt wurde. Die Leitungsdrähte zum Magnetometer waren bedeutend dicker und sonach der Leitungswiderstand geringer als vorher. Der Strom wurde nicht mehr mit dem Kommutator umgeworfen. Die Buchstaben in den Kolonnenrubriken behalten ihre Bedeutung unverändert.

$\alpha$	$b$	$u$	$a'$	$b'$	$u'$	$a_1$	$b_1$	$u_1$	$c$
Belastung = 10,242.									
314,0	238,0	76,0	312,0	385,0	73,0	309,0	426,0	117,0	804,0
314,0	238,0	76,0	310,0	386,0	76,0	325,0	444,0	119,0	805,0
320,0	245,0	75,0	310,0	387,0	77,0	315,0	438,0	123,0	802,0
314,0	237,0	77,0				340,0	450,0	110,0	
						328,5	440,5	112,0	
						30,90	428,0	119,0	
Medium		76,0			75,3			116,7	803,7

Medium von  $u$  und  $u'$  75,7.

Belastung = 4,802.									
301,0	274,5	36,5	310,0	348,0	38,0	295,0	338,0	43,0	743,0
304,0	268,5	35,5	305,0	339,5	34,5	293,0	333,0	40,0	741,0
344,0	314,0	30,0	372,0	405,5	33,5	309,0	349,0	40,0	740,0
						324,5	366,0	41,5	
						313,0	358,5	45,5	
						325,0	372,5	47,5	
Medium		34,0			35,3			42,9	741,3

Medium von  $u$  und  $u'$  = 34,7.

Belastung = 3,036.									
346,0	328,0	18,0	349,0	369,0	22,0				720,0
345,0	322,0	23,0	345,0	366,5	21,5				719,0
340,0	315,0	25,0	340,0	363,0	23,0				719,0
Medium		21,5			21,5				719,3

Medium von  $u$  und  $u'$  = 21,8.

Belastung = 6,665.									
326,0	280,5	45,5	326,0	375,0	49,0	330,0	392,0	62,0	759,0
329,0	283,5	45,5	325,0	372,5	47,5	331,0	393,0	62,0	759,0
315,0	268,0	47,0	309,0	355,5	46,5	321,5	384,0	62,5	760,0
						337,0	402,0	65,0	
						337,0	399,0	62,0	
						330,0	366,0	66,0	
Medium		46,0			47,7			63,3	759,3

Medium von  $u$  und  $u'$  = 46,8.



$a$	$b$	$u$	$a'$	$b'$	$u'$	$a_1$	$b_1$	$u_1$	$c$
Belastung = 11,848.									
303,0	223,0	80,0	303,0	401,0	98,0	303,0	446,5	143,5	818,0
288,0	201,5	86,5	305,0	393,0	88,0	310,0	447,0	137,0	820,0
330,0	249,0	81,0	315,0	402,0	87,0	326,0	461,5	135,5	819,0
						324,0	461,0	137,0	
						327,0	457,0	130,0	
						327,0	457,0	130,0	
Medium	82,5				91,0			135,5	819,0

Medium von  $u$  und  $u'$  = 86,8.

Wenn die Media von  $u$  und  $u'$  mit der Annahme berechnet werden, daß sie nach der Gleichung  $x = 7,187p$ , proportional mit den Belastungen sind, so erhält man

Belastung.	Ausschlag		Unterschied.
	Beob.	Berechn.	
3,036	21,8	21,8	$\pm 0,0$
4,802	34,7	34,5	$+ 0,2$
6,665	46,8	47,9	$+ 1,1$
10,242	75,7	73,6	$- 2,1$
11,848	86,8	85,2	$- 1,6$

Diese Media sind also auch hier innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler proportional mit den Belastungen. Die Zahl, welche man für die Bestimmung der Verlängerung des Drahts erhält, wird durch die Gleichung  $x = 685,3 + 11,37p$ , mit folgenden Unterschieden wiedergegeben:

Belastung.	Streckung.		Unterschied.
	Beob.	Berechn.	
3,036	719,3	719,8	$+ 0,5$
4,802	741,3	739,9	$- 1,4$
6,664	759,3	761,1	$+ 1,8$
10,242	803,7	801,7	$- 2,0$
11,848	819,0	820,0	$+ 1,0$

Sonach ist, wie oben angeführt, die mechanische Arbeit, welche der Draht beim Zusammenziehen mit Belastung verrichtet, proportional mit den Quadraten aus den Belastungen.

Wenn die obenerhaltenen Mittelwerthe von  $u$  und  $u'$  von den entsprechenden observirten Werthen von  $u'$ , — die

man erhält, wenn der Draht *ohne* dabei äußere mechanische Arbeit zu verrichten sich zusammenzieht, — subtrahirt werden, und deren Reste unter der Voraussetzung berechnet werden, daß sie proportional mit den Quadraten der Belastungen sind, oder, was dasselbe ist, mit der mechanischen Arbeit, die der Draht unter der Zusammenziehung *mit* Belastung verrichtet, so erhält man folgende Tabelle, wobei die Berechnung nach der Gleichung  $x = 0,3675 p^2$  bewerkstelligt ist.

Belastung.	Aus Schlag		Unterschied.
	Beob.	Berechn.	
4,802	8,2	8,5	+ 0,3
6,665	16,5	16,3	— 0,2
10,242	41,0	38,5	— 2,5
11,848	48,7	51,6	+ 2,9

Der Unterschied zwischen den Wärmemengen, die entstanden, da der Draht sich das eine Mal *ohne* und das andere Mal *mit* Verrichtung mechanischer Arbeit zusammenzieht, ist also auch hier innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler proportional mit der verrichteten mechanischen Arbeit.

8. Man dürfte möglicher Weise gegen obenstehende Beobachtungen Grund zu der Anmerkung finden, daß bei der Ausdehnung und Zusammenziehung des Drahtes durch das Gleiten des Drahtes gegen die thermoelektrischen Stapel Friction entsteht, und daß dadurch Wärme erzeugt wird. Bei näherer Betrachtung zeigt es sich jedoch, daß dieß nicht der Fall seyn kann. Bei keinem der angestellten Versuche hat sich die ganze Streckung der Drähte auf mehr als auf 1,26<sup>mm</sup> belaufen. Da der Diameter der Wis-muth- und Antimon-Krystalle 2,5<sup>mm</sup> und die Länge der Drähte 590<sup>mm</sup> betragen, so macht sonach die Streckung des Theiles des Drahtes, der die Stapelenden berührt, höchstens 0,0053<sup>mm</sup> aus. Nimmt man an, daß auch die Stapelstäbe selbst gestreckt werden, so wird der Unterschied zwischen den relativen Ausdehnungen ein noch geringerer. Wenn alle Drahttheile sich mit dieser Quantität unter die Stapel-

enden zögen, so könnte dadurch möglicher Weise eine hinreichende Friction entstehen, um durch Wärme einen elektrischen Strom, der mit dem Magnetometer sichtbar werden würde, zu erzeugen; allein da der Stapel am Drahte festgeschroben ist, so muß es deutlich gewisse Punkte an dem letztern geben, welche unverändert denselben Punkt der Stapelenden berühren. In diesen Punkten kann folglich keine Wärme durch Friction entstehen. Sonach kann nur in gewissen Punkten auf der Berührungsfläche Wärme durch Friction hervorgerufen werden. Der thermoelektrische Strom, der auf diesen Stellen entstehen könnte, würde einen doppelten Leitungsweg zurückzulegen haben, nämlich direct von den wärmeren Berührungsstellen bis zu den kältern längs der Berührungsfläche selbst, und außerdem von den wärmeren Stellen durch die langen Leitungsdrähte bis zum Magnetometer und von diesem bis zu den kälteren Stellen. In der letztern Leitungsbahn ist jedoch der Widerstand so viel gröfser, als in der erstern, dafs eine merkbare Strömung in dieser schwerlich entstehen kann. Das Verhältnifs würde natürlicher Weise ein anderes werden, nachdem die Frictionswärme Zeit gehabt hätte, sich gleichförmig auf der Berührungsfläche auszubreiten; aber ehe dies geschieht, hat die Magnetnadel bereits ihren Ausschlag gethan, der sonach unabhängig von dem geschieht, was späterhin auf der Berührungsfläche zwischen dem Stapel und dem Drahte vorgeht. Dafs der thermoelektrische Strom, der den Ausschlag auf dem Magnetometer verursacht, sich nicht von Frictionswärme herleitet, wird ausserdem durch die Versuche selbst bewiesen. Oben haben wir gesehen, dafs bei Ausdehnung des Drahtes eine Abkühlung entsteht, die gleich grofs mit der Erwärmung bei dessen Zusammenziehung *unter* Belastung ist. Nun aber ist die Wärme, die durch Friction hervorgerufen wird, durchaus unabhängig von der Richtung, in der die Friction geschieht. Bildet sich also ein elektrischer Strom bei der Zusammenziehung des Drahtes durch Frictionswärme, so muß sich auch aus derselben Ursache ein gleich

starker Strom bei dessen Ausdehnung bilden. Da nun bei Ausdehnung des Drahtes eine Abkühlung entsteht, so folgt unmittelbar daraus, daß die Frictionswärme wenigstens nicht die alleinige Ursache zu den beobachteten Temperaturvariationen gewesen seyn kann. Möglicherweise würde man doch annehmen können, die Abkühlung bei Ausdehnung des Drahtes sey so groß, daß wenn man die durch Friction entstandene Wärme davon subtrahirt, man einen Rest erhält, der gleich groß mit der Summe der durch die Zusammenziehung entstandenen Wärme und der ist, die durch die Frictionen hervorgerufen wurde. Doch außerdem, daß eine solche Annahme an und für sich höchst unwahrscheinlich ist, zeigt sie sich auch aus dem Umstande als eine unrichtige, daß die fragliche Abkühlung und Erwärmung unter allen Verhältnissen sich gleich bleiben, wie auch die Friction sich durch verschiedenartiges Zuschrauben des Stapels oder durch eine verschiedene Stärke der Metalle darin verändern möge. Die Frictionswärme hat sonach bei den Versuchen nicht den geringsten Einfluß ausgeübt. — Es dürfte überflüssig seyn, weitere Beweise hierüber anzuführen; da wir indessen eine Versuchsserie angestellt haben, die jeden Argwohn einer Möglichkeit vom Vorhandenseyn der Frictionswärme bei diesen Untersuchungen tilgt, so mag dieselbe hier aufgenommen werden. Auf der einen Seite eines Stahldrahts von 1,08<sup>mm</sup> im Diameter wurde eine dünne, 2<sup>mm</sup> breite Platinscheibe winkelrecht mit der Länge des Drahtes aufgelöthet. Die Fläche der Scheibe war ebenfalls gegen die Längenrichtung des Drahtes winkelrecht. An die Platinscheibe war ein Kupferdraht festgelöthet, der außerhalb des Schrankes mit dem einen Leitungsdrahte nach dem Magnetometer verbunden wurde. Den andern Leitungsdraht nach demselben Instrumente verband man mit dem Stahldrahte oberhalb dessen obern Befestigungspunkt. Der obere Theil des Stahldrahtes wurde auf diese Weise in die Strombahnen aufgenommen. Da die Platinscheibe am Stahldrahte *festgelöthet* war, so konnte bei Ausdehnung und Zusammenziehung keine Friction entstehen.

Da nun die thermoelektromotorische Kraft bei dieser Combination geringer als bei dem vorhergebrauchten Stapel war, so mußte das Magnetometer empfindlicher gemacht werden, wenn der Ausschlag mit gehöriger Sicherheit sollte gemessen werden können. Diefes wurde dadurch bewerkstelligt, daß man die magnetischen Momente bei den miteinander astatisch verbundenen Magneten gleicher als früher herstellte. Der Kürze wegen nehmen wir weiter unten die einzelnen Beobachtungszahlen nicht wieder auf, sondern nur die beobachteten Ausschläge, für welche die angewandten Buchstaben dieselbe Bedeutung wie früher behalten.

Belastung 8,393			Belastung 6,627			
u	u'	c	u	u'	c	
59,0	52,0	700,0	47,0	47,0	680,5	
55,5	53,5	700,5	44,5	44,0	680,5	
55,0	58,0	700,0	46,0	46,0	680,5	
57,0	56,0	699,5	46,0	46,0	680,5	
Medium	56,63	54,88	700,0	45,88	45,25	680,5
Medium	55,76		45,57			

Belastung 4,899			Belastung 3,093		
u	u'	c	u	u'	c
33,0	34,0	661,0	19,0	19,0	637,5
31,0	32,0	660,0	23,0	23,0	638,0
35,0	35,0	661,0	23,0	24,5	638,0
33,5	33,0	661,0	23,5	23,5	638,5
Medium	33,12	33,50	22,13	22,50	638,0
Medium	33,31		22,32		

Wenn diese Mittelwerthe, unter der Voraussetzung berechnet werden, daß sie nach der Gleichung  $x = 6,775 p$ , proportional mit der Belastung sind, so erhält man:

Belastung.	Ausschlag.		Unterschied.
	Beob.	Berechn.	
8,393	56,76	56,86	+ 1,10
6,627	45,57	44,90	- 0,67
4,899	33,31	33,19	- 0,12
3,093	22,32	20,96	- 1,36

Die Ausschläge können also auch hier als proportional mit der Belastung, und die Werthe von  $u$  und  $u'$  als gleich groß angesehen werden.

Dafs die Verlängerung des Drahtes bei der Ausdehnung proportional mit der Belastung war, zeigt nachfolgende Vergleichung zwischen den Beobachtungen und Berechnungen, welche nach der Gleichung  $x = 602,6 + 11,692p$  gemacht sind.

Belastung.	Ausdehnung		Unterschied.
	Beob.	Berechn.	
8,393	700,0	700,7	+ 0,7
6,627	680,5	680,1	- 0,4
4,899	660,8	659,9	- 0,9
3,093	638,0	638,8	+ 0,8

An einem der folgenden Tage wurde nachstehender Versuch angestellt, um die Wärme zu bestimmen, welche verbunden wird, wenn der Draht sich ohne Verrichtung mechanischer Arbeit zusammenzieht. Weil eine Veränderung in dem elektrischen Leitungswiderstande entstanden war, wurde auch für eine der Belastungen die Wärme beobachtet, die erzeugt wurde, als sich der Draht mit Verrichtung mechanischer Arbeit zusammenzog.

Belastung.		
8,393		
$u'$	$u'$	$u'$
62,0	84,5	41,5
56,5	91,0	47,0
59,0	90,5	49,0
61,0	87,5	45,5
61,0	93,0	49,0
	89,0	48,0
Medium 59,90	89,25	46,67.

Wenn man aus dem Werthe 59,90 von  $u'$  für die Belastung 8,393 berechnet  $u'$  für die Belastung 4,899, so erhält man 34,96. Wenn diese Zahlen von den beobachteten Werthen von  $u'$  subtrahirt werden, so erhält man als Reste die Zahlen 29,35 und 11,71. Wenn diese Reste unter der Vor-

aussetzung berechnet werden, daß sie proportional mit den Quadraten der Belastungen sind, oder, was dasselbe ist, mit der mechanischen Arbeit, die der Draht verrichtete, als er sich mit Belastung zusammenzog, so erhält man der Gleichung  $x = 0,4241 p^2$  gemäß folgende Unterschiede:

Belastung.	Ausschlag.		Unterschied.
	Beob.	Berechn.	
8,393	29,35	29,87	+ 0,52
4,899	11,71	10,13	- 1,53

Obschon bei diesen Versuchen die Frage von einer vorhandenen Friction nicht entstehen kann, sind doch die Resultate in vollkommener Uebereinstimmung mit denjenigen, welche man früher bei Anwendung des Stapels erhielt.

9. Da die Größe des Ausschlags von der elektromotorischen Kraft des Stapels, dem Widerstande der Leitungsdrähte, dem astatischen Zustande des Nadelsystemes und vielen andern Umständen abhängig ist, so ist es klar, daß verschiedene Beobachtungsreihen, selbst mit einem und demselben oder vollkommen gleichen Drähten, nicht mit einander zu vergleichen sind, insofern in dieser Beziehung nicht alles unverändert ist. Beim ersten Anblicke könnte es doch möglicher Weise scheinen, daß das *Verhältniß* zwischen der Wärme, die durch Zusammenziehung des Drahtes mit Belastung entbunden wird und dem durch Zusammenziehung des Drahtes ohne dabei verrichtete mechanische Arbeit entstandenen Ueberschuß, müsse in der einen Beobachtungsreihe gleich groß als in der Andern seyn, ungeachtet einer jener Umstände, der auf die Größe des Ausschlags Einfluß hat, beim Uebergange von der einen zur andern Reihe verändert worden ist. — Daß indessen dieses Verhältniß nicht unveränderlich ist, erkennt man bei näherer Betrachtung sogleich. Wenn der Stapel sehr fest zugeschroben wird, so daß der Druck gegen den Draht ein starker wird, so kann der unter den Stapelenden liegende Theil desselben bei der Ausdehnung nicht so viel verlängert und bei der Zusammenziehung verkürzt werden, als wenn der Druck des Stapels gegen den Draht geringer ist. Nun beruht deut-



lich die Gröfse des Ausschlags hauptsächlich auf die Wärmeveränderung, die in den vom Stapel umschlossenen Theilen des Drahtes sich erzeugt, weil die Veränderung, die in den übrigen Theilen desselben entsteht, zuerst nach und nach durch die Wärmeleitung des Drahtes dem Stapel zu gute kommen kann. Ist der Stapel fest zugeschroben, so daß die Veränderung des Drahtes auf dieser Stelle gering wird, so muß sonach auch der Ausschlag auf dem Magnetometer geringer werden. Ein stärkeres Zuschrauben muß also ungefähr dieselbe Wirkung haben, wie eine Verminderung der Belastung. Allein nun verhalten sich die bei der Ausdehnung des Drahtes oder der Zusammenziehung desselben mit Belastung entstehenden Temperaturvariationen direct wie die wirkenden Belastungen, und der bei der Zusammenziehung des Drahtes ohne Verrichtung mechanischer Arbeit entstehende Wärmeüberschufs, wie die Quadrate der Belastungen. Man kann also durch Verminderung oder Vermehrung des Stapeldruckes gegen den Draht das in Rede stehende Verhältnifs nach Belieben verändern. Diefs wird durch untenstehende Beobachtungen bestätigt.

Der obenbeschriebene Stapel wurde so fest zugeschroben, wie diefs möglicher Weise mit der Hand geschehen konnte. Dabei erhielt man

	$u$	$u$	$u'$
	70	72	104,5
	70,5	71,0	105,5
Medium	70,25	71,5	105,0
	70,88		

Hierauf wurden die Schrauben zurückgedreht, so daß der Stapel sehr lose an dem Drahte saß. Die Ausschläge gestalteten sich mit Beibehaltung derselben Belastung so:

	$u$	$u$	$u'$
	85,0	92,0	142,5
	84,0	80,0	136,5
Medium	84,5	86,0	139,5
	85,25		



Der Unterschied zwischen  $u'$  und  $\frac{u+u'}{2}$  ist also im ersteren Falle 34,12 und im letzteren 54,25. Wenn der verschiedene Druck des Stapels gegen den Draht ungefähr auf dieselbe Weise wie verschiedene Belastungen wirkt, so müssen diese Reste sich beinahe genau zueinander verhalten, wie die Quadrate der Zahlen 70,88 und 85,25. Die Berechnung giebt in diesem Falle 36,4 und 52,7, welche Zahlen so genau mit den beobachteten übereinstimmen, daß die Richtigkeit der gemachten Voraussetzungen damit bewiesen ist.

Aus dem Vorhergehenden folgt, daß zwei Beobachtungsserien nicht mit einander zu vergleichen sind, wenn der Stapeldruck gegen den Draht ungleich in beiden ist, auch wenn alle übrigen Umstände, die auf die Gröfse des Ausschlags Einfluß haben, vollkommen gleich seyn sollten. Bei den vorausgegangenen Beobachtungsserien sowohl, wie bei denen, die weiter angeführt werden sollen, sind keine zuverlässigen Vorkehrungen gemacht worden, um ein und denselben Druck für alle zu erzielen. Dagegen war bei einer und derselben Serie der Druck des Stapels gegen den Draht unverändert ein gleicher, weil der Stapel während der ganzen Zeit unberührt gelassen worden war, die man zur Ausführung der Versuche nöthig hatte. Wir gehen nun zur Berichterstattung der Versuche über, die mit einigen andern Metallen und Metalllegirungen angestellt wurden.

10. Ein Silberdraht von 1,14<sup>mm</sup> im Diameter wurde in den Apparat gesetzt. Die unten angeführten Gewichte wurden von der Axe nach einem Punkte des Hebels geführt, der 200<sup>mm</sup> von der Axe entfernt war, und dann von diesem Punkte wieder zurück zur Axe. Die angegebenen Belastungen haben sonach an und für sich eine andere Bedeutung als bei den vorhergehenden Versuchen. Das Verhältniß zwischen ihnen wird natürlicherweise wie 200 zu 475. Die Kolumnen haben die früheren Bezeichnungen beibehalten.

10,182			8,393			6,627		
$x$	$x_1$	$c$	$x$	$x_1$	$c$	$x$	$x_1$	$c$
78,0	80,0	693,5	64,0	67,0	674,0	49,5	54,0	653,0
76,0	83,0	694,0	64,0	66,0	673,0	47,0	51,5	653,0
80,5	78,0	693,5	69,5	63,5	674,0	50,0	49,5	654,0
82,0	81,0	693,5	63,5	65,0	673,0	53,0	54,0	654,0
Med.	79,13	80,50	693,6	65,25	65,38	673,5	49,88	52,25
	79,82		65,32			51,07		653,5
4,899			3,093					
$x$	$x_1$	$c$	$x$	$x_1$	$c$			
36,5	34,0	634,5	25,5	25,0	613,0			
38,0	40,0	634,0	23,5	25,0	613,0			
39,0	38,0	634,0	25,0	25,5	613,5			
37,0	39,5	633,5	26,0	25,0	613,0			
Medium	37,75	37,88	634,0	25,00	25,13			
	37,82		25,07		613,1			

Wenn die obenberechneten Media unter der Voraussetzung berechnet werden, daß sie der Gleichung  $x = 7,831p$  nach proportional mit den Belastungen sind, so erhält man

Belastung	Ausschlag.		Unterschied
	Beob.	Berechn.	
10,182	79,82	79,74	- 0,08
8,393	65,32	65,71	+ 0,39
6,627	51,07	51,90	+ 0,83
4,899	37,82	38,36	+ 0,54
3,093	25,07	24,22	- 0,85

Die Zahl, welche zur Bestimmung der Ausdehnung des Silberdrahtes abgelesen wurde, wird durch die Gleichung  $x = 578,2 + 11,352p$  wiedergegeben. Die Ausdehnung ist so nach proportional mit der Belastung. Die Unterschiede zwischen den beobachteten und berechneten Werthen sind folgende:

Belastung	Beob.	Berechn.	Unterschied.
10,182	693,6	693,8	+ 0,2
8,393	673,5	673,5	$\pm 0,0$
6,627	653,5	653,4	- 0,1
4,899	634,0	633,8	- 0,2
3,093	613,1	613,3	+ 0,2

Folgende Tabelle enthält die Beobachtungen, die man zur Bestimmung der Wärmemenge anstellte, die der mechanischen Arbeit bei Zusammenziehung des Drahtes entsprach.

10,182		8,393	6,627	
$u'$	$u''$	$u'$	$u'$	$u''$
77,0	97,0	76,5	51,0	58,5
83,0	104,5	79,5	54,0	61,0
85,0	109,0	84,0	49,5	61,0
87,0	109,5	92,0	50,0	61,0
83,5	99,0	82,5	57,0	62,5
88,5	115,0	88,0	52,5	64,0
86,0	111,0	85,0	56,0	66,0
78,0	113,0	86,0	55,5	65,5
Medium	83,50	84,19	53,19	62,44

Wenn die Wärme, die sich bei Zusammenziehung des Drahtes mit Belastung entbindet, nach der Gleichung  $x = 8,113p$  berechnet wird, so erhält man:

Belastung.	Ausschlag.		Unterschied.
	Beob.	Berechn.	
10,182	83,50	82,61	— 0,89
8,393		68,09	
6,627	53,19	53,76	+ 0,57

Wenn obengenannte Zahlen von denen subtrahirt werden, die man bei der Zusammenziehung des Drahtes erhielt, als dabei keine mechanische Arbeit verrichtet wurde, und die entstehenden Reste unter der Voraussetzung berechnet werden, daß sie der Gleichung  $x = 0,2307p^2$  nach proportional mit den Quadraten der Belastungen sind, so wird der Unterschied zwischen den berechneten und den beobachteten Zahlen folgender:

Belastung.	Ausschlag.		Unterschied.
	Beob.	Berechn.	
10,182	24,64	23,92	— 0,72
8,393	16,10	16,25	+ 0,15
6,627	8,68	10,13	+ 1,45

Da diese Unterschiede so klein sind, daß man sie den Beobachtungsfehlern zuschreiben kann, so sind eben für diesen Draht die fraglichen Temperaturüberschüsse der bei der Zusammenziehung des Drahtes verrichteten mechanischen Arbeit proportional.

11. Folgende Versuchsserie wurde mit einem Neusilberdraht von 1,32<sup>mm</sup> im Diameter angestellt. Die Gewichte wurden bis an das Ende des Hebels gezogen, wie bei den ersten Versuchen mit dem Stahldrahte.

8,393			6,627			4,899		
u	u <sub>1</sub>	c	u	u <sub>1</sub>	c	u	u <sub>1</sub>	c
80,0	71,0	753,0	61,5	63,0	726,0	47,0	49,0	703,5
73,0	80,0	752,5	60,0	64,0	726,5	47,0	43,5	704,0
78,5	79,0	752,5	64,5	64,5	727,0	44,0	45,0	704,0
75,0	78,0	752,0						
Med. 76,62	77,0	752,5	62,00	63,83	726,5	46,00	45,83	703,8
86,81			62,92			45,92		

3,093			1,230		
u	u <sub>1</sub>	c	u	u <sub>1</sub>	c
27,0	27,0	676,0	7,0	14,0	644,0
29,0	29,0	676,0	10,5	11,5	644,0
30,5	29,0		11,5	12,0	644,0
			10,0	10,0	643,5
Medium 28,83	28,33	676,0	9,75	11,87	643,9
28,58			10,81		

Wenn obenstehende Werthe von  $\frac{u+u'}{2}$  nach der Gleichung  $x=9,21p$  berechnet werden, sonach unter Voraussetzung, daß sie proportional mit den Belastungen sind, so erhält man folgendes Resultat:

Belastung.	Ausschlag.		Unterschied.
	Beob.	Berechn.	
8,393	76,81	77,30	+ 0,49
6,627	62,92	61,04	— 1,88
4,899	45,92	45,12	— 0,80
3,093	28,58	28,49	— 0,09
1,230	10,81	11,33	+ 0,52

Hieraus folgt, daß die fraglichen Temperaturvariationen proportional mit den Belastungen sind. Die Zahlen, welche man zur Bestimmung der Verlängerung des Neusilberdrahts für die verschiedenen Belastungen erhält, giebt die Gleichung  $x = 627,8 + 15,003 p$  mit folgenden Unterschieden wieder:

Belastung.	Beob.	Berechn.	Unterschied.
8,393	752,5	753,7	+ 1,2
6,627	726,5	727,2	+ 0,7
4,899	703,8	701,3	- 2,5
3,093	676,0	674,2	- 1,8
1,230	643,9	646,3	+ 2,4

Die Unterschiede sind hier also größer als beim Silberdrahte, doch kann man die Ausdehnung proportional mit den Belastungen ansehen.

Folgende Tabelle enthält die angestellten Beobachtungen, zur Bestimmung der Wärmemenge, die der mechanischen Arbeit bei Zusammenziehung des Drahtes entspricht. Da der Stapel vom Drahte fortgenommen und wieder angeschoben wurde, wobei möglicher Weise der Druck gegen den Draht anders als vorher sich gestaltete, wurden eben für eine der Belastungen Beobachtungen über die entbundene Wärme bei Zusammenziehung des Drahtes mit Belastung angestellt.

8,393		4,899
$u'$	$u'_1$	$u'_1$
70,5	107,0	56,5
70,0	113,0	56,0
66,5	117,0	56,5
72,0	109,0	53,5
72,0	109,0	54,0
68,0	105,0	
Medium 69,83	110,00	55,30

Wenn man die Wärme, die sich entwickelt, da sich der Draht für die Belastung von 4,899 unter Verrichtung mechanischer Arbeit zusammenzieht, mit Hilfe der entspre-

chenden beobachteten Zahl 69,83 für die Belastung 8,393 berechnet, so erhält man die Zahl 40,76. Wenn diese Zahlenwerthe von den beobachteten Werthen von  $u'$  subtrahirt, und die Reste nach der Gleichung  $x = 0,5734p^2$ , sonach unter Voraussetzung, daß sie proportional mit der verrichteten mechanischen Arbeit sind, berechnet werden, so erhält man folgendes Resultat:

Belastung.	Ausschlag		Unterschied.
	Beob.	Berechn.	
8,393	40,17	40,39	+ 0,22
4,899	14,54	13,76	— 0,78

Die Unterschiede zwischen den beobachteten und berechneten Zahlen sind nicht größer, als daß man mit vollem Rechte die fraglichen Temperaturüberschüsse als proportional mit der vom Drahte bei Zusammenziehung verrichteten mechanischen Arbeit ansehen kann.

12. In der folgenden Beobachtungsserie wurde ein Messingdraht von 0,87<sup>mm</sup> im Diameter angewandt. Die Gewichte wurden nur 200<sup>mm</sup> von der Axe des Hebels geführt, wie beim Versuche mit dem Silberdrahte.

10,182			8,393			6,627		
$u$	$u_1$	$c$	$u$	$u_1$	$c$	$u$	$u_1$	$c$
37,0	31,0	733,0	25,2	26,5	709,0	22,5	23,0	690,0
31,0	31,5	733,0	27,0	29,0	709,0	21,0	21,0	689,5
33,0	34,0	733,0	25,0	28,0	709,0	22,0	24,0	
Med. 33,67	32,17	733,0	25,73	27,83	709,0	21,83	22,67	689,8
	32,92			26,78			22,25	
4,899			3,093					
$u$	$u_1$	$c$	$u$	$u_1$	$c$			
18,0	16,0	668,0	11,0	9,5	645,0			
15,0	18,0	669,0	8,5	11,7	643,5			
15,0	15,0	667,0	10,0	11,2	643,5			
Medium 16,00	16,33	668,0	9,83	10,80	644,0			
	16,17			10,32				

Wenn obige Media nach der Gleichung  $x = 3,2533p$  berechnet werden, sonach mit der Annahme, daß sie proportional mit den Belastungen sind, so erhält man folgende

Unterschiede zwischen den beobachteten und berechneten Zahlen:

Belastung.	Ausschlag		Unterschied.
	Beob.	Berechn.	
10,182	32,92	33,13	+ 0,21
8,393	26,78	27,31	+ 0,53
6,627	22,25	21,56	- 0,69
4,899	16,17	15,94	- 0,23
3,093	10,32	10,06	- 0,26

Dafs die Ausdehnung des Messingdrahts proportional mit den Belastungen ist, erweist unten folgende Tabelle, wo die Berechnungen nach der Gleichung  $x = 606,12 + 12,442 p$  gemacht worden sind.

Belastung.	Beob.	Berechn.	Unterschied.
10,182	733,0	732,8	- 0,2
8,393	709,0	710,5	+ 1,5
6,627	689,8	688,6	- 1,2
4,899	668,0	667,1	- 0,9
3,093	644,0	644,6	+ 0,6

Folgende Tabelle enthält die Resultate der Versuche, welche mit diesem Drahte zu dem Zwecke angestellt wurden, um die Wärmemenge zu bestimmen, welche der mechanischen Arbeit bei Zusammenziehung des Drahtes entspricht.

10,182	8,393	6,627	4,899
$u'$	$u'$	$u'$	$u'$
56,0	41,0	32,0	22,0
54,0	40,5	31,0	21,5
57,0	43,0	31,0	22,5
58,0	42,5	33,0	21,0
58,0	41,0	30,5	
58,0	41,0	31,0	
Medium 56,83	41,50	31,42	21,75

Wenn von den erhaltenen Werthen von  $u'$  obenstehende beobachtete Werthe von  $u$ , (oder der gröfsern Genauigkeit wegen die Werthe  $\frac{u+u'}{2}$ ) subtrahirt, und die ent-

standenen Reste nach der Gleichung  $x = 0,2203 p^2$ , als proportional mit der vom Drahte bei Hervorbringung von  $u$  verrichteten mechanischen Arbeit, berechnet werden, so erhält man folgende Tabelle:

Belastung.	Ausschlag		Unterschied.
	Beob.	Berechn.	
10,182	23,91	22,84	— 1,07
8,393	14,72	15,52	+ 0,80
6,627	9,17	9,67	+ 0,50
4,899	5,58	5,29	— 0,29

Die Uebereinstimmung zwischen den Beobachtungen und den Berechnungen ist also in dieser Serie gleich vollständig, wie in den früheren.

13. Ein Platindraht von 1,92<sup>mm</sup> im Diameter wurde in den Apparat gesetzt. Die Gewichte wurden nun bis an das Ende des Hebels geführt.

13,838			10,182			8,393		
u	u <sub>1</sub>	c	u	u <sub>1</sub>	c	u	u <sub>1</sub>	c
85,0	83,5	729,0	59,5	62,0	707,0	55,0	56,0	696,0
85,0	88,0	732,0	67,0	61,0	710,0	55,0	58,0	699,9
84,0	85,0	732,5	64,5	61,5	712,0	52,4	53,5	700,5
86,0	85,0	735,0	66,0	67,5	713,5	57,0	50,0	702,5
Med.	85,0	85,30	732,1	64,25	63,00	710,6	54,88	54,38
	85,15		63,63			54,63		

3,627			4,899		
u	u <sub>1</sub>	c	u	u <sub>1</sub>	c
42,5	40,5	685,5	30,0	36,0	675,0
45,0	42,0	688,0	31,0	28,0	677,5
45,5	41,0	690,0	28,5	31,0	678,5
44,5	42,0	692,0	29,5	27,0	681,5
Medium	44,38	41,38	688,9	29,75	30,50
	42,88		30,13		678,1

Dafs diese Mittelzahlen innerhalb der Gränzen der Beobachtungsfehler als proportional mit den Gewichten angesehen werden können, zeigt folgende Berechnung, welche nach der Gleichung  $x = 6,267 p$  angestellt ist:



Belastung.	Ausschlag		Unterschied.
	Beob.	Berechn.	
13,833	85,15	86,69	+ 1,54
10,182	63,63	63,81	+ 0,18
8,393	54,63	52,60	— 2,03
6,627	42,88	41,53	— 1,35
4,899	30,13	30,70	+ 0,57

Wie obige Tabellen zeigen, sind die abgelesenen Zahlen zur Bestimmung der Ausdehnung des Drahtes durch die Gewichte in einem beständigen Steigen. Diese Versuche wurden auf die Weise angestellt, daß, sobald man einen Werth von  $u$  und  $u$ , für eine gewisse Belastung erhalten hatte, man unmittelbar darauf denselben Versuch für die nächste kleinere Belastung anstellte, und, nachdem die Beobachtungen für die geringste Belastung ausgeführt worden waren, ging man direct zur größten über. Das beobachtete Steigen bei den abgelesenen Zahlen kann deshalb als eine Einwirkung von der größten Belastung angesehen werden. Das Wahrscheinliche ist, daß die rechte Ursache hierzu nicht in einer Streckung des Drahtes außer den Elasticitätsgränzen, sondern in einem Gleiten an dessen Festpunkten zu suchen ist. Berechnet man die Verlängerung unter der Voraussetzung, daß sie der Gleichung  $x = 650,63 + 5,846p$  nach proportional mit den Gewichten ist, so erhält man

Belastung	Beob.	Berechn.	Unterschied.
13,833	732,1	731,5	— 0,6
10,182	710,6	710,2	— 0,4
8,393	699,5	699,7	+ 0,2
6,627	688,9	689,4	+ 0,5
4,899	678,1	679,3	+ 1,2

Obschon die Verlängerung des Drahtes dieser Berechnung nach in einem etwas größern Verhältnisse, als man

die Proportionalität gegen die Gewichte fordert, zuzunehmen scheint, so ist doch der Unterschied zwischen den Beobachtungen und den Berechnungen an und für sich so gering, daß man hierauf gar keine Rücksicht zu nehmen hat.

Zur Bestimmung der Wärmemenge, die der bei Zusammenziehung des Platindrabtes verrichteten mechanischen Arbeit entspricht, wurde folgender Versuch gemacht. Für jede der beiden Belastungen zog sich der Draht zwei Mal zusammen, das eine Mal *mit*, das andere Mal *ohne* Verrichtung mechanischer Arbeit.

13,833		8,393	
$u$	$u'$	$u$	$u'$
82,0	91,0	48,5	53,5
80,0	91,0	52,0	57,0
77,5	89,0	50,0	54,0
79,0	91,0	45,5	51,0
Medium 79,62	90,50	49,0	54,0

Subtrahirt man  $u'$  von  $u$ , so erhält man die Reste 10,88 und 5,0. Wenn diese unter der Voraussetzung berechnet werden, daß sie der Gleichung  $x = 0,0585p^2$  nach den Quadraten der Belastungen proportional sind, so erhält man

Untersch. der Beob.	
11,19	+ 0,31
4,12	- 0,88

Die beobachteten Reste sind jedoch in diesem Fall so klein, daß man nicht mit Bestimmtheit sehen kann, inwieweit sie mit den Quadraten der Gewichte oder mit diesen selbst proportional sind. Wenn die genannten Reste unter letzterwähntem Verhältnisse der Gleichung  $x = 0,7352p$  nach berechnet werden, so werden doch die Beobachtungsfehler größer, als wenn die Berechnung nach den Quadraten der Gewichte geschieht. Man erhält nämlich in diesem Falle

Untersch. der Beob.	
10,17	- 0,71
6,17	+ 1,17

Die letzten Versuche stellte man mit einem Draht von Aluminium-Bronce<sup>1)</sup> von 1,08<sup>mm</sup> im Diameter an. Die Gewichte wurden von der Axe des Hebels bis an einen an 300<sup>mm</sup> Abstand von derselben belegenen Punkt geführt, und von hier zurück zur Axe.

8,393			6,627		
u	u <sub>1</sub>	c	u	u <sub>1</sub>	c
59,5	61,0	694,0	48,0	47,0	668,5
59,5	59,0	694,5	48,5	45,0	669,0
59,5	60,0	694,0	47,0	47,0	668,5
59,5	60,0	694,2	47,83	46,33	668,7
Medium 59,75			47,08		

  

4,899			3,093		
u	u <sub>1</sub>	c	u	u <sub>1</sub>	c
36,0	36,0	641,5	23,5	23,0	615,0
35,0	35,0	641,5	21,5	23,0	614,5
32,5	32,0	641,5	22,0	22,0	615,0
34,50	34,33	641,5	22,33	22,67	614,8
Medium 34,42			22,50		

Wenn diese Mittelzahlen nach der Gleichung  $x = 7,105p$  berechnet werden, sonach unter Voraussetzung, daß sie proportional mit den Belastungen sind, so erhält man:

Belastung.	Ausschlag		Unterschied.
	Beob.	Berechn.	
8,393	59,75	59,63	— 0,12
6,627	47,08	47,08	± 0,00
4,899	34,42	34,81	+ 0,39
3,093	22,50	21,98	— 0,52

Wenn die Verlängerung des Drahtes als proportional mit den Gewichten nach der Gleichung  $x = 568,2 + 15,048p$  berechnet wird, so erhält man

1) Nach einer Analyse des Hrn. Prof. Ullgren enthält jedoch dieser Draht nicht mehr wie 2,5 Proc. Aluminium.

Belastung.	Beob.	Berechn.	Unterschied.
8,393	694,2	691,5	+ 0,3
6,627	668,7	667,9	- 0,8
4,899	641,5	641,9	+ 0,4
3,093	614,8	614,7	- 0,1

Um den Unterschied zwischen der Wärmemenge zu finden, die bei der Zusammenziehung des Drahtes entbunden wird, wenn diese einmal mit Verrichtung mechanischer Arbeit und das andere Mal ohne eine solche vor sich geht, wurde folgender Versuch gemacht. Nur für die größte Belastung wurde  $u$  beobachtet, und daraus für die andere berechnet.

8,393		6,627	4,899
$u$	$u'$	$u'$	$u'$
60,0	87,0	64,0	46,0
62,0	97,0	72,0	48,0
67,0	97,0	66,0	44,0
63,5	95,0	70,5	46,0
65,0	94,0	67,0	47,0
Medium 63,50	94,0	67,90	46,20

Wenn  $u$  für die Belastungen 6,627 und 4,899 mit Hilfe des beobachteten  $u$  für die Belastung 8,393 berechnet wird, so erhält man für diese die Zahlen 50,14 und 37,06. Subtrahirt man diese Zahlen von den entsprechenden  $u'$  und berechnet man die Reste unter der Voraussetzung, daß sie nach der Gleichung  $x = 0,4216p^2$  proportional mit den Quadraten der Belastungen sind, so erhält man

Belastung.	Ausgang		Unterschied.
	Beob.	Berechn.	
8,393	30,50	29,70	- 0,80
6,667	17,76	18,52	+ 0,76
4,899	9,14	10,12	+ 0,98

Diese Beobachtungsserie leitet also vollkommen zu demselben Resultate, wie alle die vorhergehenden.

15. Die Beobachtungen, welche man im Vorhergehenden angeführt findet, haben innerhalb der sogenannten

Elasticitätsgränzen der Metalle stattgefunden. Dehnt man das Metall so sehr aus, daß dadurch eine permanente Verlängerung entsteht, so entsteht bei der Ausdehnung eine Erwärmung statt einer Abkühlung. Während der Untersuchung selbst haben wir Gelegenheit gehabt, zu verschiedenen Malen diese Beobachtung zu machen. Da die Metalle und Metalllegirungen, mit welchen obenstehende Versuche angestellt wurden, in physischer und chemischer Hinsicht sehr verschieden sind, so kann man ohne Zweifel mit vollem Rechte annehmen, daß die erhaltenen Resultate für alle Metalle gelten. Faßt man die Resultate der vorhergegangenen Untersuchungen zusammen, so stellt sich sonach Folgendes heraus:

*Wenn ein Metall innerhalb der sogenannten Elasticitätsgränzen gedehnt wird, so erkaltet es. Die Abkühlung ist in diesem Falle proportional mit der mechanischen Kraft, wodurch die Ausdehnung verursacht wird.*

*Wenn sich hierauf das Metall zu seinem ursprünglichen Volumen wieder zusammenzieht, und dabei eine ebenso große mechanische äußere Arbeit verrichtet, als die, welche bei dessen Ausdehnung verloren ging, so erwärmt sich das Metall eben so viel, als es sich im erstern Fall abgekühlt hat. Diese Erwärmung ist also ebenfalls proportional mit der Kraft, womit das Metall vor der Zusammenziehung gestreckt gehalten wurde.*

*Wenn dagegen das gestreckte Metall sich zu seinem ursprünglichen Volumen zusammenzieht, ohne bei der Zusammenziehung eine äußere mechanische Arbeit zu verrichten, so erwärmt sich dasselbe mehr, als im ersteren Falle. Der Unterschied zwischen beiden Erwärmungen ist proportional mit der äußern mechanischen Arbeit, welche das Metall während der Zusammenziehung in dem einen Falle verrichtet.*

Aus diesen Sätzen folgt, daß, wenn ein Metall innerhalb der sogenannten Elasticitätsgränzen von einem Volumen  $V_0$  in ein anderes  $V$  übergeht, die dabei entstehende Veränderung in dem Wärmegrade des Metalles, nicht ausschließlich von dem ursprünglichen ( $V_0$ ) und dem schließ-

lichen ( $V$ ) Volumen, oder deren Verhältniß zu einander abhängig ist, sondern im wesentlichen Grade von der Art, auf welche dieser Uebergang bewerkstelligt worden ist.

16. Wie oben bewiesen, wird die Wärmemenge  $x$ , die entbunden wird, wenn ein Metall sich unter Verrichtung gleich vieler mechanischer Arbeit als der, welche bei dessen Ausdehnung verloren ging, von der Gleichung  $x = ap$  angegeben, wo  $p$  das Gewicht ist, womit das Metall vor der Zusammenziehung gespannt gehalten wurde, und  $a$  ein constanter Factor. Wenn dagegen das Metall sich ohne Verrichtung äußerer mechanischer Arbeit zusammenzieht, so ist  $x = ap + bp^2$ , wobei  $b$  ebenfalls ein constanter Factor ist. Das letzte Glied  $bp^2$  dieser Gleichung muß sich von der verschiedenen Weise herleiten, auf welche die Zusammenziehung in beiden Fällen geschieht. Wenn der Metalldraht sich mit Verrichtung mechanischer Arbeit zusammenzieht, geht jede Partikel im Drahte zu ihrer ursprünglichen Gleichgewichtslage ohne Acceleration zurück, weil das Gewicht, wodurch der Draht gespannt wird, sich in demselben Grade, wie sich der Draht zusammenzieht, vermindert. Die Partikel gelangt also in ihre Gleichgewichtslage ohne durch diese Bewegung in Oscillation um dieselbe versetzt zu werden. Wenn sich dagegen der Draht ohne Verrichtung mechanischer Arbeit zusammenzieht, so vermehrt sich die Schnelligkeit der Partikel in ihrer Bahn von dem einen Punkte zum andern, und die Partikel kommt deshalb bei Ankunft zur Gleichgewichtslage in Oscillation um dieselbe. Wenn  $y$  den Abstand der Partikel von der ursprünglichen Gleichgewichtslage zur Zeit  $t$  bedeutet, und wenn die Kraft, womit die Partikel zur Gleichgewichtslage zurückzugehen strebt, eine beliebige Function  $f$  von diesem Abstände ist, so hat man für die Berechnung der Oscillation der Partikel um die Gleichgewichtslage

$$\frac{d^2y}{dt^2} = f(y); \text{ woraus}$$

$$\frac{dy^2}{dt^2} = 2f(y) dy$$

Allein da nun  $f(y) dy$  nichts anderes bedeutet, als die mechanische Arbeit, die erforderlich ist, um bei Ausdehnung des Drahts die Partikel den Weg  $dy$  überführen zu lassen, so folgt hieraus, daß das Quadrat der Schnelligkeit, womit die Partikel die Gleichgewichtslage passirt, proportional mit der Summe der mechanischen Arbeit ist, die für die Ausdehnung des Drahtes erfordert wird. Wenn nun die Wärme in den Oscillationen der Partikel besteht, in welchem Falle die Intensität der Wärme proportional mit den Quadraten der genannten Schnelligkeit wird, so erhält die Entstehung des Glieds  $bp^2$  hiervon ihre natürliche Erklärung. Man würde sonach sagen können, daß, wenn ein fester Körper sich mit Verrichtung äußerer mechanischer Arbeit zusammenzieht, diese letztere eine gewisse Wärmemenge hindert sich zu erzeugen, die dann entstehen würde, im Fall die Zusammenziehung ohne Hinderniß fremder Kräfte geschehe.

Aus Regnault's und Joule's Untersuchungen ist es bekannt, daß wenn eine Gasmasse sich vom Volumen  $V_0$  bis zum Volumen  $V$  ausdehnt, ohne dabei mechanische Arbeit zu verrichten, so behält sie ihre Temperatur unverändert. Die Analogie mit festen Körpern zeigt, wie dieses erklärt werden kann. Nach dem, was oben gezeigt worden ist, wird die Temperaturveränderung, der das Gas im fraglichen Falle unterliegt, von zwei Gliedern repräsentirt. Das eine derselben,  $bp^2$  entsprechend, drückt die Temperaturveränderung aus, die dadurch entsteht, daß die Partikeln zur neuen Gleichgewichtslage mit Acceleration kommen, und diese Temperatur-Veränderung ist proportional mit der mechanischen Arbeit, welche zum Zusammendrücken des Gases vom Volumen  $V$  zum Volumen  $V_0$  erfordert wird. Dieses Glied repräsentirt also einen Wärmezuschuß. Das andere Glied,  $ap$  entsprechend, drückt die Temperaturveränderung aus, die entsteht, wenn sich das Gas unter Verrichtung mechanischer Arbeit von  $V_0$  bis  $V$  ausdehnt. Die Erfahrung zeigt, daß dabei stets eine Abkühlung entsteht, die proportional mit der mechanischen Arbeit ist, welche

vom Gase unter der Volumenveränderung verrichtet wird. Diese beiden Glieder folgen also, wenn von einem Gase die Frage, demselben Gesetze, haben jedoch *entgegengesetztes* Zeichen. Dafs die Temperatur unverändert bleibt, beruht also darauf, dafs die mechanische Arbeit, die als Factor in beide Glieder eingeht, daselbst mit derselben Quantität multiplicirt ist.

Die Untersuchungen, die oben mitgetheilt worden sind, geben nicht unmittelbar Aufklärung über die absolute Gröfse der fraglichen Wärmephänomene. Kenntniß hierüber ist jedoch leicht durch Anwendung einer analogen Untersuchungsmethode zu gewinnen. Vor allem anderen hielten wir es von Wichtigkeit, die Gesetze kennen zu lernen, welchen diese Phänomene bei ihrem Erscheinen folgen. Wir werden später, wenn andere Geschäfte uns nicht mehr hindern, das mechanische Aequivalent der Wärme, das Verhältniß bei den Metallen zwischen den Wärmecapacitäten unter constantem Druck und constantem Volumen zu bestimmen suchen, wie einige andere Fragen, die mit diesem Gegenstande in Berührung stehen, behandeln.



## II. Ueber die Aenderungen, welche die Modification des mittleren Volums durch Aenderungen der Temperatur erleidet; von P. Kremers.

(Fortsetzung von Bd. III, S. 60.)

Die folgenden Blätter liefern zunächst einzelne Ergänzungen früherer Untersuchungen; sie behandeln alsdann einzelne Salze, welche zweien Gruppen angehören, die sich von einander ebensowohl unterscheiden, als auch von der bisher behandelten Gruppe, nämlich die salpetersauren und schwefelsauren Alkalien; sie beschäftigen sich alsdann weiter mit den Lösungen der Salpetersäure und der Schwefelsäure und behandeln schliesslich noch die Ausdehnung des Wassers.

Die ergänzenden Beobachtungen sind hiernächst zusammengestellt:

### Lösungen von Chlorlithium.

1,2172 spec. Gew. = 129,0 Atome Li Cl.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	93,0	83,5	19,5 C.	140,0	132,0

1,2801 spec. Gew. = 176,1 Atome (74,0) Li Cl<sup>1)</sup>.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
19°,5 C.	245,0	251,0	80	429,5	432,5
40	304,0	310,0	99,3	494,0	496,5
60	364,5	369,0			

### Lösungen von Chlornatrium.

1,1759 spec. Gew. = 51,9 Atome (30,4) Na Cl<sup>1)</sup>.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	71,5	58,5	19°,5 C.	148,5	135,5

1) Der Gehalt dieser Lösung wurde, verschieden von den frühern (Bd. 99, S. 445), aus dem Gewichte des präcipitirten Chlorsilbers berechnet. Wurde dagegen der Gehalt derselben Lösung aus der Gewichtsmenge des daraus darzustellenden schwefelsauren Lithons berechnet, so ergab sich dieser zu 179,6 Atomen, so dass also bei dieser Concentration 100 Atome Li Cl nur 2,0 Atome LiO, CO<sub>2</sub> in Lösung erhalten.

2) Diese Lösung wurde wie die frühern durch Abdampfen analysirt.

Lösungen von Chlorkalium.

1,1427 spec. Gew. = 36,2 Atome K Cl.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	79,0	65,0	19°,5 C.	136,5	122,5

1,0767 spec. Gew. = 18,0 Atome K Cl.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	85,0	93,0	19°,5 C.	130,0	134,5

Die nächstfolgende Tabelle enthält die Volumina der Salzlösungen, wie sie sich aus den vorstehenden Angaben berechnen und ist hierbei auch wieder wie früher das Volum bei 19°,5 C. als Einheit angenommen. In dieser Tabelle ist den einzelnen Columnen überschrieben *die Anzahl der wasserfreien Salzatome, welche in den Lösungen neben 100 Gewichtstheilen Wasser enthalten ist.*

	Li Cl	Na Cl	K Cl
	129,0	176,1	51,9
0° C.	0,99491	0,99211	0,99531
19,5	1,00000	1,00000	1,00000
40	1,00614		
60	1,01235		
80	1,01899		
100	1,02582		

Aus den Zahlen der vorstehenden Tabelle wurden mittelst graphischer Interpolation die Volumina abgeleitet, welche die Salzlösungen zeigen, wenn neben je 100 Gewichtstheilen Wasser die den einzelnen Columnen überschriebene Anzahl von Salzatomen in ihnen enthalten ist und das Volum bei 19°,5 C. als Einheit angenommen wird.

	Li Cl	Na Cl	K Cl
	80	100	120 Salzatome
0° C.	0,99554	0,99526	0,99500
	40	60	20 40 Salzatome
0° C.	0,99268	0,99184	0,99514 0,99376

Aus diesen Werthen berechnen sich nun weiter die Volumina, welche die Salzlösungen bei 0° C. einnehmen, wenn

bei dieser Temperatur das Volum des lösenden Wassers als 100 angenommen wird, wie folgt:

Li Cl				
	80	100 Salzatome		
0° C.	115,94	120,12		
Na Cl		K Cl		
	40	60	20	40 Salzatome
0° C	107,44	111,94	105,60	111,80

Wenn der im Vorstehenden für 40 Atome Na Cl angeführte Werth 107,44 mit dem früher (Bd. 108, S. 144) für 40 Atome Li Cl angeführten Werthe 107,60 verglichen wird, so erhellt, daß die beiden Volumcurven (Li Na) Cl zwischen 0 und 19°5 sich schneiden müssen. Der Kreuzungspunkt liegt bei etwa 6° C. und sind dahin sowohl die beiden Figuren 1 und 8 der vorangehenden Abhandlung als auch die ebendasselbst S. 79 angeführte Tabelle zu berichtigen').

Die Werthe der Modification des mittlern Volums ( $\frac{h-m}{h}$ ), welche sich aus den vorstehenden und den entsprechenden frühern Zahlen berechnen, sind in den nächstfolgenden Tabellen zusammengestellt.

## I.

$\lambda = \text{Li} \left( \frac{\text{Cl} + \text{J}}{2} \right)$	$\lambda = \text{Na} \left( \frac{\text{Cl} + \text{J}}{2} \right)$	$\lambda = \text{K} \left( \frac{\text{Cl} + \text{J}}{2} \right)$
$m = \text{Li Br}$	$m = \text{Na Br}$	$m = \text{K Br}$
0° C.		+ 0,0017 (20)
0° C.	+ 0,0055	+ 0,0028 (40)
0° C.	- 0,0016 (80)	

1) Da ich keine Gelegenheit hatte, die Figuren besagter Abhandlung zu corrigiren, so mag hier nachträglich noch Folgendes-bemerkt werden:

In der ersten Reihe der Fig. 4 ist die Curve Mg Br durch eine punktirte Linie zu bezeichnen.

Fig. 5 muß über Fig. 3 stehen.

In Fig. 6 ist von den beiden Curven Na Br die untere zu bezeichnen durch Na Cl.

In Fig. 8 ist die durch (Sn Zn) Cl bezeichnete Curve zu bezeichnen durch (Sr Zn) Cl.

In Fig. 9 ist die durch Zn Cl bezeichnete und von der Ordinate 60 bis zur Abscisse 40 verlaufende Curve zu bezeichnen durch Zn Cl.

## II.

$$\lambda = \left( \frac{\text{Li} + \text{K}}{2} \right) \text{Cl} \text{ und } m = \text{Na Cl}$$

$$0^\circ \text{ C.} \quad \begin{array}{cc} 20 & 40 \text{ Atome} \\ + 0,0117 & + 0,0206 \end{array}$$

## III.

$$\lambda = \left( \frac{\text{Li} + \text{Ca}}{2} \right) \text{Cl} \quad \lambda = \left( \frac{\text{Na} + \text{Sr}}{2} \right) \text{Cl} \quad \lambda = \left( \frac{\text{K} + \text{Ba}}{2} \right) \text{Cl}$$

$$m = \text{Mg Cl}$$

$$m = \text{Zn Cl}$$

$$m = \text{Cd Cl}$$

$$0^\circ \text{ C.} \quad \begin{array}{ccc} + 0,0105 & + 0,0095 & + 0,0124 \quad (20) \end{array}$$

$$19,5 \quad \begin{array}{ccc} 108 & 83 & 128 \end{array}$$

$$40 \quad \begin{array}{ccc} 111 & 65 & 126 \end{array}$$

$$60 \quad \begin{array}{ccc} 114 & 41 & 117 \end{array}$$

$$80 \quad \begin{array}{ccc} 116 & 14 & 102 \end{array}$$

$$100 \quad \begin{array}{ccc} 121 & - 0,0013 & 85 \end{array}$$

$$0^\circ \text{ C.} \quad + 0,0111 \quad (40)$$

Den vorstehenden Zahlen zufolge erreicht also die Modification Cd Cl ein Maximum, welches bei ungefähr  $18^\circ \text{ C.}$  liegen wird. Diese Beobachtung bestätigt die früher (Bd. 111, S. 93) hinsichtlich der Lage der Curve Cd Cl aufgestellte Vermuthung und sind dahin sowohl die Fig. 9 der vorausgehenden Abhandlung als auch die ebendasselbst S. 87 angeführte Tabelle zu ergänzen.

Um nun weiter zu den salpetersauren und schwefelsauren Alkalien überzugehen, so folgt hiernächst wieder eine Zusammenstellung der unmittelbaren Beobachtungen:

Lösungen von salpetersaurem Lithon.

$$1,1930 \text{ spec Gew.} = 59,2 \text{ Atome } (40,6) \text{ LiO, NO}_3.$$

Temp.	a	b	Temp.	a	b
$0^\circ \text{ C.}$	73,0	68,0	40	258,0	253,0
19,5	158,5	153,0			
19,5	58,0	58,0	80	373,0	371,5
60	260,5	260,0	99,4	489,0	491,5

1,2550 spec. Gew. = 84,0 Atome  $\text{LiO}, \text{NO}_3$ ,<sup>1)</sup>

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	40,0	33,0	40	237,0	226,0
19,5	134,5	122,5			
19,5	52,5	59,5	80	372,5	377,0
60	261,0	266,5	100	490,0	493,5

1,3154 spec. Gew. = 113,0 Atome (77,4)  $\text{LiO}, \text{NO}_3$ .

Temp.	a	b	Temp.	a	b
19°,5 C.	71,0	73,5	80	394,0	395,0
40	177,0	179,0	99,3	502,0	510,5
60	282,5	285,0			

1,1346 spec. Gew. = 39,0 Atome  $\text{LiO}, \text{NO}_3$ .

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	76,5	76,0	40	243,0	242,0
19,5	151,0	149,0			
19,5	79,0	80,0	80	387,0	386,0
60	273,0	274,0	99,2	503,0	512,5

- 1) Dieser und auch der Konzentrationsgrad von 39,0 Atomen wurden aus der Curve abgeleitet, deren Verlauf sowohl durch die drei vorstehenden als auch noch durch fünf weitere bereits früher untersuchte Punkte bestimmt ist. Die drei vorstehenden Punkte wurden bestimmt durch Abdampfen der Lösungen in einem Luftstrom von etwa 150° C., wohingegen die fünf früher untersuchten Punkte aus dem Gewichte des aus den Lösungen dargestellten schwefelsauren Lithons berechnet wurden. Beide Versuchsreihen differiren um weniger als 1 Proc., wie ein Vergleich der vorstehenden mit den hiernächst folgenden frühern Beobachtungen zeigen wird. Die Reihenfolge der einzelnen Columnen ist genau die frühere (Bd. 104, S. 154).

A	B	C	D	E
$\text{LiO}, \text{NO}_3$	1,0689	12,7	18,5	105,44
	1,1336	26,4	38,6	111,54
	1,1967	41,8	61,1	118,52
	1,2449	54,8	80,1	124,38
	1,3194	79,4	115,8	135,92

1,0769 spec. Gew. = 20,8 Atome (14,2) LiO, NO<sub>3</sub>.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	35,5	32,0	60	269,0	265,5
19,5	90,5	86,5	80	384,0	380,0
40	171,5	168,0	99,5	508,0	514,0

Lösungen von salpetersaurem Natron<sup>1)</sup>.

1,3354 spec. Gew. = 84,4 Atome NaO, NO<sub>3</sub>.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	45,0	48,0	40	263,0	271,0
19,5	145,0	155,0			
40	138,0	142,5	80	384,5	384,5
60	257,5	260,0	99,4	511,0	515,0

1,2640 spec. Gew. = 61,0 Atome NaO, NO<sub>3</sub>.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	19,0	23,5	40	230,0	242,0
19,5	114,0	128,5			
40	127,5	131,5	80	376,0	376,0
60	247,5	250,0	99,8	509,0	514,5

1,1930 spec. Gew. = 41,0 Atome NaO, NO<sub>3</sub>.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	56,5	64,0	40	258,5	264,5
19,5	148,0	156,0			
40	130,0	126,0	80	374,5	370,5
60	245,0	243,0	99,6	507,0	510,0

1,1062 spec. Gew. = 20,8 Atome NaO, NO<sub>3</sub>.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	18,0	17,0	40	182,0	182,0
19,5	88,0	87,5			

1) VVo weitere Angaben fehlen, ist der Concentrationsgrad der Lösungen aus früher veröffentlichten Beobachtungen abgeleitet.

19,5	46,0	37,5	80	374,0	367,0
60	249,0	242,0	99,8	510,0	510,5

Lösungen von salpetersaurem Kall.

1,1275 spec. Gew. = 23,4 Atome KO, NO<sub>3</sub>.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
19°,5 C.	53,0	67,5	80	373,5	380,0
40	143,0	156,0	99,6	509,0	512,5
60	250,0	260,0			

1,0695 spec. Gew. = 12,0 Atome KO, NO<sub>3</sub>.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
19°,5 C.	79,0	80,5	80	381,0	378,5
40	158,5	159,0	99,0	511,0	512,5
60	260,0	258,0			

Lösungen von schwefelsaurem Lithon.

1,1780 spec. Gew. = 44,8 Atome LiO, SO<sub>3</sub>.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	140,0	144,5	60	318,5	325,5
19,5	181,0	191,0	80	409,0	412,0
40	243,0	252,0	99,5	505,0	513,0

1,0983 spec. Gew. = 23,0 Atome LiO, SO<sub>3</sub>.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	107,0	110,0	60	290,5	298,5
19,5	142,0	154,0	80	393,5	397,0
40	207,0	217,0	99,7	509,0	513,5

- 1) Der Concentrationsgrad der Lösungen von schwefelsaurem Lithon wurde abgeleitet aus frühern Beobachtungen, die bisher noch nicht veröffentlicht wurden und hiernächst folgen, wobei die Reihenfolge der einzelnen Columnen auch wieder die frühere (Bd. 104, S. 154) ist.

A	B	C	D	E
LiO, SO <sub>3</sub>	1,0599	7,4	13,5	101,28
	1,1178	15,3	28,0	103,14
	1,1667	22,6	41,5	105,12
	1,2081	29,4	53,9	107,12

Diese Lösungen wurden wie früher (Bd. 95, S. 470) analysirt.

1,0544 spec. Gew. = 12,0 Atome LiO, SO<sub>3</sub>.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	96,0	99,0	60	271,5	283,5
19,5	119,5	137,5	80	382,0	389,5
40	183,5	199,5	99,7	509,0	513,5

Lösungen von schwefelsaurem Natron<sup>1)</sup>.

1,1165 spec. Gew. = 20,2 Atome NaO, SO<sub>3</sub>.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
19°,5 C.	80,0	96,0	80	374,0	380,0
40	161,0	175,0	100	502,0	508,5
60	258,5	269,0			

1,0627 spec. Gew. = 10,6 Atome NaO, SO<sub>3</sub>.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
19°,5 C.	92,0	102,0	80	377,0	380,5
40	165,0	173,0	99,6	509,0	512,5
60	260,0	266,5			

Lösungen von schwefelsaurem Kali.

1,0715 spec. Gew. = 11,0 Atome KO, SO<sub>3</sub>.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
19°,5 C.	111,5	87,0	80	375,0	375,0
40	170,0	171,0	100	507,0	506,5
60	260,0	264,0			

1,0376 spec. Gew. = 5,8 Atome KO, SO<sub>3</sub>.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
19°,5 C.	100,0	97,5	80	373,0	368,0
40	165,5	162,5	99,9	504,0	509,5
60	258,0	253,0			

Die nachfolgende Tabelle, welche der frühern (S. 42) entspricht, enthält die aus den vorstehenden Angaben berechneten Volumina.

- 1) Hinsichtlich dieser Lösungen kann wieder auf das verwiesen werden, was früher (Bd. 100, S. 412, Anmerk. 1) bei den Lösungen von Chlorlithium bemerkt wurde.



LiO, NO<sub>3</sub>.

	20,8	39,0	59,2	84,0	113,0
0° C.	0,99420	0,99242	0,99133	0,99064	
19,5	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
40	1,00836	1,00939	1,01008	1,01041	1,01073
60	1,01827	1,01976	1,02059	1,02113	1,02145
80	1,02984	1,03117	1,03193	1,03237	1,03266
100	1,04302	1,04378	1,04415	1,04417	1,04428

NaO, NO<sub>3</sub>.

	20,8	41,0	61,0	84,4
0° C.	0,99272	0,99071	0,98994	0,98962
19,5	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
40	1,00961	1,01102	1,01156	1,01174
60	1,02076	1,02278	1,02366	1,02376
80	1,03336	1,03577	1,03653	1,03648
100	1,04746	1,04969	1,05030	1,04980

KO, NO<sub>3</sub>.

	12,0	23,4
19°,5 C.	1,00000	1,00000
40	1,00816	1,00916
60	1,01836	1,01988
80	1,03051	1,03217
100	1,04437	1,04587

LiO, SO<sub>3</sub>.

	12,0	23,0	44,8
0° C.	0,99656	0,99573	0,99533
19,5	1,00000	1,00000	1,00000
40	1,00660	1,00668	1,00642
60	1,01539	1,01512	1,01407
80	1,02632	1,02531	1,02305
100	1,03905	1,03707	1,03317

	NaO, SO <sub>3</sub>		KO, SO <sub>3</sub>	
	10,6	20,2	5,8	11,0
19°,5 C.	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
40	1,00748	1,00826	1,00683	1,00728
60	1,01708	1,01802	1,01616	1,01659
80	1,02872	1,02946	1,02774	1,02799
100	1,04217	1,04230	1,04135	1,04116

Aus den Zahlen der vorstehenden Tabelle wurden mittelst graphischer Interpolation die in der nachfolgenden Tabelle angeführten Werthe erhalten, eine Tabelle, deren Einrichtung genau die der frühern (Bd. III, S. 68) ist.

	LiO, NO <sub>3</sub>					
	20		40		60	
0° C.	0,99428	192	0,99236	106	0,99130	58
	572		764		870	
19,5	1,00000	0	1,00000	0	1,00000	0
	830		944		1010	
40	1,00830	114	1,00944	66	1,01010	28
	988		1036		1050	
60	1,01818	162	1,01980	80	1,02060	46
	1158		1142		1134	
80	1,02976	146	1,03122	72	1,03194	38
	1322		1258		1222	
100	1,04298	82	1,04380	56	1,04416	2

	NaO, NO <sub>3</sub>				KO, NO <sub>3</sub>	
	20		40		80	20
0° C.	0,99286	208	0,99078	82	0,98996	32
	714		922		1004	
19,5	1,00000	0	1,00000	0	1,00000	0
	952		1098		1154	
40	1,00952	146	1,01098	56	1,01154	18
	1112		1172		1210	
60	1,02064	206	1,02270	94	1,02364	12
	1256		1300		1288	
80	1,03320	250	1,03570	82	1,03652	2
	1412		1392		1378	
100	1,04732	230	1,04962	68	1,05030	32

$\text{LiO}, \text{SO}_2$ 

	10		20		40
0° C	0,99679	57	0,99592	58	0,99534
	321		408		466
19,5	1,00000	0	1,00000	0	1,00000
	653		668		651
40	1,00655	13	1,00668	17	1,00651
	886		854		784
60	1,01541	19	1,01522	87	1,01435
	1107		1038		921
80	1,02648	88	1,02560	204	1,02356
	1295		1200		1046
100	1,03943	183	1,03760	358	1,03402

 $\text{NaO}, \text{SO}_3.$  $\text{KO}_2, \text{SO}_3$ 

	10		20		10		20
19 <sup>9</sup> ,5 C.	1,00000	0	1,00000		1,00000	0	1,00000
	742		824		720		780
40	1,00742	82	1,00824		1,00720	60	1,00780
	958		976		932		928
60	1,01700	100	1,01800		1,01652	56	1,01708
	1166		1144		1144		1118
80	1,02866	78	1,02944		1,02796	30	1,02826
	1348		1286		1324		1248
100	1,04214	16	1,04230		1,04120	46	1,04074

Es wird nicht uninteressant seyn, die hauptsächlichsten Resultate der vorstehenden Tabellen mit denen zu vergleichen, welche früher (Bd. III, S. 71) hinsichtlich der Chlor-, Brom- und Iodkalien zusammengestellt wurden und folgen deshalb hiernächst zwei Schemata, welche den ebendasselbst S. 71 angeführten entsprechen.

**O, NO<sub>x</sub>**

 $O, SO_2$ 

$+ - +$	$+ - 82$	$48 - 0$	$+ -$	$88 -$
	$7$			

Die Distanz gleichen Volums ist sonach bei salpetersaurem Lithon gröfser, als sie bei einem der drei früher untersuchten

Lithiumsalze beobachtet wurde; sie nimmt, soweit wenigstens die vorstehenden Zahlen urtheilen lassen, ab mit zunehmender Concentration und verhält sich also in dieser Hinsicht wie die des Iodlithiums. Wird dieselbe mit der des salpetersauren Natrons verglichen, so beobachtet man eine Erscheinung, welche auch bereits früher bei den entsprechenden Iodüren deutlich hervortrat, die nämlich, daß bei niederen Concentrationsgraden das schwerere, bei höheren Concentrationsgraden dagegen das leichtere Salzatom die grössere Distanz gleichen Volums zeigt.

In dem Schema der schwefelsauren Salze bezeichnet die vor dem Minuszeichen stehende Zahl die Distanz gleichen Volums für den Fall, daß die beiden Concentrationsgrade von 10 und 20 Salzatomten mit einander verglichen werden und unterscheidet sich in dieser Hinsicht dieses Schema von den frühern.

Den zweiten Vergleich, welcher die Ausdehnung der bei 19°,5 C. gleichen Volumina verschiedener Salzlösungen für gleiche Temperaturabstände betrifft, liefert die nächstfolgende Tabelle, deren Einrichtung auch wieder genau die der entsprechenden frühern (Bd. 111, S. 73) ist.

20	40	60	80
NaO, NO <sub>3</sub>	NaO, NO <sub>3</sub>	NaO, NO <sub>3</sub>	NaO, NO <sub>3</sub>
KO, NO <sub>3</sub>	LiO, NO <sub>3</sub>	LiO, NO <sub>3</sub>	LiO, NO <sub>3</sub>
LiO, NO <sub>3</sub>	LiO, SO <sub>3</sub>		
NaO, SO <sub>3</sub>			
KO, SO <sub>3</sub>			
LiO, SO <sub>3</sub>			

Die Aufeinanderfolge der Kali-, Natron- und Lithionsalze ist demnach genau dieselbe, wie in der frühern Tabelle. Die drei salpetersauren Salze sind überdiess von den drei schwefelsauren Salzen durch einen weiten Zwischenraum getrennt, so zwar, daß ein jedes salpetersaure Salz noch über dem entsprechenden Iodüre, ein jedes schwefelsaure Salz ganz nahe bei dem entsprechenden Chlorüre liegt.

Aus den Werthen der vorstehenden Tabellen berechnen sich die Volumina, welche die Salzlösungen bei den verschiedenen Temperaturen einnehmen, wenn bei jeder dieser

Temperaturen das Volum des lösenden Wassers als 100 angenommen wird, wie folgt:

Atome $\text{LiO}, \text{NO}_3$ .					
	20	40	60	80	100
0° C.	105,42	111,20	117,22	123,32	
19,5	105,86	111,90	118,08	124,30	130,60
40	106,08	112,26	118,54	124,82	131,18
60	106,16—	112,40—	118,70—	125,00—	131,38—
80	106,12	112,34	118,62	124,92	131,28
100	106,00	112,14	118,38	124,62	130,94

Atome $\text{NaO}, \text{NO}_3$ .					
	20	40	60	80	
0° C.	105,52	111,90	118,78	125,84	
19,5	106,12	112,78	119,80	126,96	
40	106,48	113,32	120,44	127,66	
60	106,68	113,60	120,78	128,02	
80	106,74—	113,70—	120,88—	128,12—	
100	106,72	113,66	120,82	128,00	

Atome $\text{KO}, \text{NO}_3$ .			Atome $\text{LiO}, \text{SO}_3$ .		
	20		10	20	40
0° C.			100,72	101,82	104,54
19,5	108,20		100,90	102,08	104,88
40	108,50		100,94—	102,14—	104,92—
60	108,64		100,90	102,06	104,78
80	108,68—		100,82	101,92	104,50
100	108,62		100,70	101,70	104,12

Atome $\text{NaO}, \text{SO}_3$ .			Atome $\text{KO}, \text{SO}_3$ .		
	10	20	10	20	
19,5	101,00	102,34	102,02	104,36	
40	101,14	102,56	102,12	104,54	
60	101,16—	102,60—	102,14—	104,54—	
80	101,14	102,56	102,10	104,46	
100	101,06	102,42	101,98	104,28	

Die sämtlichen vorstehenden Salzlösungen zeigen sonach auch wieder ein Maximum des Volums innerhalb der Gränzen von 0° bis 100° C. Die Temperaturen, bei welchen diese Maxima liegen, sind hiernächst in einer der frühern (Bd. 111, S. 78) entsprechenden Tabelle zusammengestellt.

Temperaturen der Maxima (Curven des Volums).

LiO, NO <sub>3</sub>	NaO, NO <sub>3</sub>	KO, NO <sub>3</sub>
66 — 64	84 — 79	78 —
LiO, SO <sub>3</sub>	NaO, SO <sub>3</sub>	KO, SO <sub>3</sub>
37 — 35	60 —	50 —

Die Aufeinanderfolge der Maxima ist demnach bei den schwefelsauren Alkalien genau wie bei den salpetersauren, überhaupt also in beiden Fällen genau wie früher bei den Chlor-, Brom- und Iodalkalien, so zwar, dafs bei dem Lithonsalze das Maximum bei der niedrigsten, bei dem Kalisalze bei der nächsthöheren und bei dem Natronsalze bei der höchsten Temperatur liegt. Bei den drei salpetersauren Alkalien liegen die Maxima noch höher, als sie früher bei den entsprechenden Iodüren beobachtet wurden.

Was nun weiter die Lage der Volumscurven anlangt, so liegen die der salpetersauren Salze zwischen denen der entsprechenden Bromüre und Iodüre, die der schwefelsauren Salze unter denen der Chlortüre und gilt dies für sämtliche bisher beobachtete Concentrationsgrade.

Weder die Volumscurven der salpetersauren, noch auch die der schwefelsauren Alkalien zeigen innerhalb 0° und 100° einen Kreuzungspunkt.

Die Werthe der Modification des mittlern Volums  $\left(\frac{h-m}{h}\right)$ , welche sich aus den vorstehenden Zahlen berechnen, sind für die verschiedenen Concentrationsgrade und Temperaturen in der nächstfolgenden Tabelle zusammengestellt:

## II.

$$\lambda = \left( \frac{\text{Li} + \text{K}}{2} \right) \text{O, NO}_3$$

$$m = \text{Na O, NO}_3$$

$$19^\circ,5 \text{ C.}$$

$$40$$

$$60$$

$$80$$

$$100$$

$$\lambda = \left( \frac{\text{Li} + \text{K}}{2} \right) \text{O, SO}_3$$

$$m = \text{Na O, SO}_3$$

$$+ 0,0045 (10)$$

$$38$$

$$35$$

$$32$$

$$28$$

$$19^\circ,5 \text{ C.} \quad + 0,0085$$

$$40 \quad 75$$

$$60 \quad 67$$

$$80 \quad 61$$

$$100 \quad 55$$

$$+ 0,0085 (20)$$

$$75$$

$$68$$

$$61$$

$$55$$

Die Curven der beiden Modificationen Na O, NO<sub>3</sub> und Na O, SO<sub>3</sub> fallen sonach bei einem Concentrationsgrade von 20 Salzatomen auf einander und verlaufen, wie aus den Zahlen der frühern Tabelle II (Bd. 111, S. 83) ersichtlich ist, ganz dicht unter der Curve Na J. Diese Erscheinung ist insofern bemerkenswerth, als sie darauf hindeutet, dass innerhalb constanter Temperaturgränzen eine jede Modification einen ihr eigenthümlichen Lauf zeigt, woran die Massen, auf welche sie sich vertheilt, nur wenig ändern. Für diese Ansicht spricht ganz besonders noch die frühere Fig. 6 (Bd. 111, Taf. 1), in welcher der Verlauf einer jeden Modification durch ein Curvensystem dargestellt erscheint, dessen einzelne Curven schon bei nur geringer Entfernung von den Punkten der Maxima und Minima hinsichtlich ihres Verlaufs sich nur wenig unterscheiden, wo hingegen die Systeme selbst die verschiedensten Richtungen nehmen<sup>1)</sup>.

Die Salpetersäure, welche zu den nächstfolgenden Versuchen benutzt wurde, zeigte sich frei von den gewöhnli-

1) Dass die drei Curvensysteme Zn, Zn und Cd sich hinsichtlich ihres allgemeinen Verlaufs nur wenig von einander unterscheiden, ist durch die Nähe ihrer bei nur wenig verschiedenen Temperaturen liegenden Maxima bedingt.

chen Verunreinigungen und wurde die concentrirte Säure, die übrigens vollständig wasserhell war, zunächst während 15 Minuten in lebhaftem Sieden erhalten, um einen etwaigen Rest von Untersalpetersäure zu entfernen. Eine jede der nachfolgenden verdünnten Lösungen wurde überdies noch unmittelbar vor dem Einfüllen in den Ausdehnungsapparat, wie gewöhnlich, während 5 Minuten ausgekocht. Um den Gehalt der Lösungen an Salpetersäure zu bestimmen, wurden dieselben mit kohlensaurer Baryterde abgesättigt, darauf längere Zeit gekocht und aus den heiss filtrirten Lösungen wurde darauf die Baryterde mittelst Schwefelsäure präcipitirt. Die von der verdünnten freien Salpetersäure etwa noch in Auflösung erhaltene schwefelsaure Baryterde glaubte ich vernachlässigen zu können, doch fand ich im Laufe der Versuche, dass der hierdurch verursachte Fehler selbst bei einer bedeutenden Verdünnung der freien Salpetersäure immer noch corrigirt zu werden verdient<sup>1)</sup>. Es sind daher die hiernächst angeführten Lösungen der Salpetersäure vorerst blofs durch das specifische Gewicht näher bezeichnet, welches sie bei 19°,5 C. besitzen.

Lösungen von Salpetersäure.

1,3820 spec. Gew.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	27,0	20,0	40	437,0	427,0
19,5	223,5	209,0			
40	170,0	173,0	60	385,0	396,0
60	162,5	166,0	80	399,0	390,0
80	205,0	209,5	100,2	456,0	449,0

1,3518 spec. Gew.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	20,0	26,0	40	409,0	413,5
19,5	198,0	217,0			

1) Hierauf bezügliche Angaben finden sich auch im Jahresberichte für 1856.



## 1,3518 spec. Gew.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
40	169,0	177,5	60	383,0	379,5
60	202,0	219,5	80	432,0	431,5
80	233,0	238,5	100,2	470,0	473,0

## 1,3048 spec. Gew.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	31,0	35,0	40	386,5	385,5
19,5	195,5	204,5	60	418,0	411,0
40	221,0	225,0	80	440,5	432,0
60	231,5	233,0	99,9	461,0	458,5
80	236,0	253,0			

## 1,2580 spec. Gew.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	17,0	23,0	40	337,5	333,0
19,5	168,5	169,0	60	393,5	390,0
40	217,0	220,0	80	442,0	435,0
60	250,0	255,0	100,2	468,0	459,0
80	260,0	267,0			

## 1,2280 spec. Gew.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	15,0	16,0	40	307,5	306,5
19,5	150,5	155,0	60	297,0	297,5
40	133,0	141,0	99,2	505,0	505,0
60	147,0	158,0			
80	323,0	327,0			

## 1,1780 spec. Gew.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	15,0	21,0	40	265,0	275,0
19,5	125,0	147,0	60	409,5	418,0
60	181,0	194,0	100	511,0	514,5
80	337,0	348,0			

## 1,1264 spec. Gew.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	50,0	54,5	40	254,0	268,0
19,5	138,0	157,0	60	383,0	390,0
60	214,0	213,5	100,1	507,0	508,5
80	354,0	351,0			

## 1,0682 spec. Gew.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	41,0	46,0	60	302,0	305,0
19,5	102,0	112,0	80	431,5	428,5
40	193,0	200,0			

19,5 36,0 63,0 100 510,0 514,5

Die Schwefelsäure, welche zu den nächstfolgenden Versuchen benutzt wurde, war ebenfalls frei von den gewöhnlichen Verunreinigungen, wie Salzsäure, Stickstoffverbindungen und Bleioxyd. Um den Gehalt der Lösungen an Schwefelsäure zu bestimmen, wurde letztere als schwefelsaure Baryterde präcipitirt. Da die schwefelsaure Baryterde die Eigenschaft besitzt, mit andern löslichen Barytsalzen mehr oder weniger innig sich zu verbinden, diese Eigenschaft indess mit der zunehmenden Löslichkeit des präcipitirenden Baryterdesalzes abzunehmen scheint, so präcipitirte ich die Schwefelsäure der drei ersten Concentrationsgrade durch essigsäure Baryterde, ersetzte diese indess, da die in dieser Weise erhaltene schwefelsaure Baryterde sich hinsichtlich der weitem Behandlung nicht besonders em-

pfeilt, bei den folgenden Concentrationsgraden durch Chlorbaryum. Die in dieser Weise dargestellte und mit warmem Wasser vollständig ausgestüfte schwefelsaure Baryterde giebt, unmittelbar nach dem Glühen mit siedendem Wasser extrahirt, nur äußerst geringe Spuren von Chlor. Ihre Auflöslichkeit in der freien verdünnten Salzsäure ist, wie ich bereits früher (Band 100, Seite 405) beobachtete, ganz unbedeutend und wird, wie wenigstens mehrfach angegeben ist, überdies noch vermindert durch den Gehalt der Lösung an überschüssigem Chlorbaryum. Diese Fehlerquelle glaubte ich daher füglich vernachlässigen zu können und dies um so mehr, da die Menge der präcipitirten schwefelsauren Baryterde nicht unbedeutend war, sondern durchschnittlich 4 bis 5 Grm. betrug.

Die hiernächst angeführten Lösungen der Schwefelsäure sind auch wieder bezeichnet durch das specifische Gewicht, welches sie bei 19°,5 C. besitzen und durch die Anzahl der Atome von wasserfreier Schwefelsäure oder von Schwefelsäurehydrat, welche in den Lösungen neben 100 Gewichtstheilen Wasser enthalten sind und aus den nebenstehenden beobachteten Gewichtstheilen sich berechnen.

Lösungen von Schwefelsäure <sup>1)</sup>.

1,8352 spec. Gew. = 798,1 Atome (319,2)  $\text{SO}_3$  oder  
2832,7 Atome (1388,0) Atome  $\text{HO}, \text{SO}_3$ .

Temp.	<i>a</i>	<i>b</i>	Temp.	<i>a</i>	<i>b</i>
0° C.	31,0	30,0	40	249,0	258,0
19,5	133,0	147,5	60	363,0	364,5
19,5	62,5	85,0	99,5	510,0	514,0
80	406,0	405,0			

- 1) Die folgenden Beobachtungen differiren von den früher (Jahresbericht für 1849) von Bineau veröffentlichten nur wenig, und sind die Differenzen überdies theilweise noch durch die verschiedenen Beobachtungstemperaturen bedingt.

1,8280 spec. Gew.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	41,0	45,0	40	271,0	273,0
19,5	151,0	159,5	60	387,5	382,5
40	167,5	182,5	99,4	508,0	510,0
80	400,5	399,0			

1,8185 spec. Gew.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	34,5	37,0	40	272,0	268,5
19,5	150,0	151,0	60	391,0	382,5
40	160,0	173,0	99,8	510,0	510,5
80	395,0	399,5			

1,8075 spec. Gew. = 645,1 Atome (258,0)  $\text{SO}_3$  oder  
1538,2 Atome (753,7)  $\text{HO}, \text{SO}_3$ .

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	47,0	53,0	40	292,0	291,0
19,5	165,5	171,0	60	415,0	406,0
40	157,0	160,0	100,1	509,0	513,0
80	393,0	395,0			

1,7933 spec. Gew. = 598,9 Atome (239,6)  $\text{SO}_3$  oder  
1298,8 Atome (636,4)  $\text{HO}, \text{SO}_3$ .

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	53,0	53,5	40	299,5	299,5
19,5	171,0	178,0	60	415,0	406,0
40	150,0	152,5	80	387,0	395,5
60	262,0	282,0	100,2	508,0	509,5

Die nächstfolgende Tabelle, welche der frühern (Bd. 111, S. 66) entspricht, enthält die aus den vorstehenden Angaben berechneten Volumina. Den Columnen der noch nicht analysirten Lösungen sind überschrieben die specifischen Gewichte und denen der bereits analysirten Lösungen die

Atomenmenge der wasserfreien Säure in erster und des Säurehydrats in zweiter Linie.

$\text{NO}_3$  oder  $\text{HO}$ ,  $\text{NO}_3$ .

	1,0682	1,1264	1,1780	1,2280
0° C.	0,99340	0,99044	0,98826	0,98639
19,5	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
40	1,00916	1,01142	1,01343	1,01530
60	1,01998	1,02399	1,02772	1,03144
80	1,03268	1,03804	1,04344	1,04902
100	1,04689	1,05356	1,06066	1,06803

	1,2580	1,3048	1,3518	1,3820
0° C.	0,98527	0,98363	0,98201	0,98115
19,5	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
40	1,01645	1,01827	1,01997	1,02100
60	1,03373	1,03736	1,04078	1,04281
80	1,05252	1,05802	1,06326	1,06633
100	1,07283	1,08032	1,08735	1,09154

$\text{SO}_3$  oder  $\text{HO}$ ,  $\text{SO}_3$ .

	598,9	645,1			798,1
	1298,8	1538,2	1,8185	1,8280	2832,7
0° C.	0,98795	0,98820	0,98851	0,98878	0,98905
19,5	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000	1,00000
40	1,01250	1,01234	1,01201	1,01173	1,01141
60	1,02464	1,02426	1,02370	1,02309	1,02253
80	1,03677	1,03619	1,03542	1,03457	1,03367
100	1,04858	1,04795	1,04698	1,04594	1,04468

Die Ergänzungen der vorstehenden Tabellen werden gelegentlich mitgeteilt, zugleich mit den daraus abzuleitenden Folgerungen.

Was nun schliesslich die Ausdehnung des destillirten und ausgekochten Wassers anlangt, so wurde diese bereits vor längerer Zeit untersucht und zwar mit Hülfe des Apparats, dessen ich mich bei der Bestimmung der beiden Chlorcalciumlösungen von dem spec. Gew. 1,2447 und

1,3094 bediente (Bd. 105, S. 364). Die damaligen Beobachtungen waren folgende:

Wasser.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
19°,5 C.	71,0	39,25	60	215,25	196,25
40	127,25	101,0	80	330,0	322,0

Die hieraus sich berechnenden Volumina sind folgende:

19°,5 C.	1,00000
40	1,00612
60	1,01533
80	1,02723

Neuerdings habe ich wieder die Ausdehnung des destillirten und ausgekochten Wassers bestimmt und zwar mit Hülfe des zuletzt (Bd. 108, S. 115) beschriebenen Apparats, dessen ich mich von jener Zeit an bis jetzt noch immer bedient habe. Der Ausdehnungsapparat wurde bei ungefähr 98° C. zugeschmolzen, damit die beiden Flüssigkeitssäulen in Folge des etwas verstärkten Druckes nicht so leicht verdunsteten, wenn später ihr Stand bei einer um etwas höhern Temperatur beobachtet wurde. Diese Beobachtung wurde, wie es auch früher immer geschehen, zunächst angestellt, damit die vorgenannte Fehlerquelle möglichst vermieden wurde. Erst nachdem der Stand der beiden Flüssigkeitssäulen bei 100°,2 C. in dem früher beschriebenen Kochgefäß beobachtet worden war, wurde der Apparat, von einer größern Wassermasse umgeben, wieder bis in die Nähe von 100° erwärmt, worauf er alsdann in dieser Wassermasse ganz langsam erkaltete <sup>1)</sup>.

Die beobachteten Werthe sind folgende:

- 1) Die Wassermasse war im vorliegenden Falle so bedeutend, daß sie, um von 100 bis auf etwa 20° zu erkalten, nicht weniger als 10 Stunden brauchte. Später habe ich mich indess davon überzeugt, daß es vollkommen hinreichend ist, wenn selbige, wie bei den frühern Versuchen, nur etwa vier Stunden dazu bedarf

ist  
men  
dies  
Ko  
ber

nam  
wird  
kali  
nach  
um  
an  
des

1)  
2)

## Wasser.

Temp.	a	b	Temp.	a	b
0° C.	54,0	80,75	60	217,0	232,5
19,5	64,75	91,0	80	341,0	344,0
40	124,5	146,5	100,2	485,0	486,0

Die hieraus sich berechnenden Volumina sind folgende:

0° C.	0,99845
19,5	1,00000
40	1,00612
60	1,01528
80	1,02721
100	1,04135

Die Ausdehnung des Wassers zwischen 0 und 100° C. ist hiernach, wenn das Volum bei 0° als Einheit angenommen wird, = 0,042971, welches Resultat unter den über diesen Gegenstand bereits veröffentlichten sich dem von Kopp gefundenen (0,042986) am meisten nähert (Jahresbericht für 1856, S. 50).

### III. Ueber das Gefrieren des Wassers aus Salzlösungen; von Fr. Rüdorff.

(Auszüglich mitgetheilt der K. Akademie der Wissensch. zu Berlin am 18. April 1861.)

1. Die Temperatur, bei welcher eine Flüssigkeit und namentlich das Wasser seinen Aggregatzustand verändert, wird bekanntlich wesentlich modificirt durch gewisse physikalische Einflüsse. So wird der Siedepunkt des Wassers nach den Untersuchungen der Hrn. Buff<sup>1)</sup> und Magnus<sup>2)</sup> um mehrere Grade erhöht, wenn eine bedeutende Adhäsion an die Wand des Gefäßes stattfindet, und die Erhöhung des Siedepunktes ist nach den Versuchen der HH. Fara-

1) Ann. der Pharm. Bd. II, S. 220. (1832).

2) Pogg. Ann. Bd. XXXVIII, S. 481.

day<sup>1)</sup>, Griffiths<sup>2)</sup>, Legrand<sup>3)</sup> noch bedeutender, wenn in dem Wasser ein Salz aufgelöst ist. Ebenso übt die Gegenwart eines Salzes bei allen Temperaturen einen wesentlichen Einfluß auf die Spannkraft des Wasserdampfes<sup>4)</sup> und die Spannkraft des Wasserdampfes ist bedeutend geringer, wenn sich dasselbe aus Salzlösungen entwickelt, als wenn es aus reinem Wasser entsteht, für welche Erscheinung durch zahlreiche Versuche von den HH. v. Babo<sup>5)</sup> und Wüllner<sup>6)</sup> die numerischen Werthe ermittelt worden sind.

Viel weniger hat sich bisjetzt die Aufmerksamkeit der Physiker auf die Einflüsse gerichtet, welche auf den Gefrierpunkt des Wassers verändernd einwirken. Es geht aus einigen Beobachtungen hervor, daß alle diejenigen Einflüsse, welche den Siedepunkt des Wassers erhöhen, auch den Gefrierpunkt desselben erniedrigen. In Capilarröhren gefriert das Wasser nach Sorby<sup>7)</sup> und Mousson<sup>8)</sup> je nach der Weite der Röhre erst bei  $-7^{\circ}$  oder  $-15^{\circ}$  C.

Aus einer großen Zahl älterer Beobachtungen geht hervor, daß aus Meerwasser oder einer andern Salzlösung bei viel niedrigerer Temperatur sich Eis bildet als dieses bei reinem Wasser der Fall ist. An numerischen Bestimmungen fehlt es hierfür bis jetzt fast gänzlich. Bei Gelegenheit eines Streites über das Maximum der Dichtigkeit von Meerwasser und Salzlösungen überhaupt zwischen den HH. Erman<sup>9)</sup> und Despretz<sup>10)</sup> hat letzterer einige Versuche

1) *Annal. de Chim. et de Phys. Ser. II. Tome XX. pag. 324.*

2) *Austerly Journ. of Sc. XVIII. 90. Auch Pogg. Ann. II. 227.*

3) *Annal. de Chim. et de Phys. LIX. 423.*

4) *Magnus, Pogg. Ann. Bd. LXI, S. 249.*

5) *Verhandl. d. Gesellsch. für Beförd. der Naturwissensch. zu Freiburg in B. 16 u. 17. (1857.)*

6) *Pogg. Ann. CIII., 529 u. CX., S. 564.*

7) *Philos. Mag (4) XVIII., S. 105.*

8) *Bibliothèque universelle de Genève III. 296. (1858).*

9) *Pogg. Ann. Bd. XLI, S. 72.*

10) *Comp. rend. I. XI. p. Auch Pogg. Ann. Bd. XLI, S. 492 u. Bd. LII, S. 177.*



über das Gefrieren des Wassers aus Salzlösungen angestellt, dieselben erstrecken sich indessen nur auf wenige Salze und war die Concentration der Lösungen nur wenig verschieden von einander.

Um den Einfluss, welchen ein in Wasser gelöstes Salz auf den Gefrierpunkt desselben ausübt, genauer kennen zu lernen, habe ich im Laboratorium des Hrn. Prof. Magnus die nachstehenden Versuche ausgeführt.

2. Bekanntlich entwickelt sich aus einer siedenden Salzlösung reiner Wasserdampf. Ebenso erleidet nur das Lösungswasser eine Veränderung des Aggregatzustandes, wenn sich in einer Salzlösung Eis bildet. Es liegen eine große Zahl von Beobachtungen vor, dass aus dem im Meerwasser gebildeten Eise reines Wasser entsteht, und in kältern Klimaten wird bekanntlich aus dem Meerwasser eine salzreichere Flüssigkeit dadurch erhalten, dass man einen Theil des Wassers ausfrieren lässt. Seit Nairne<sup>1)</sup> sind vielfache Untersuchungen über die Zusammensetzung des aus dem aufgethauten Meereise erhaltenen Wassers angestellt, alle führten zu dem Resultate, dass dasselbe ein trinkbares Wasser liefere, welches im specifischen Gewicht und dem Salzgehalt dem Quellwasser, wenn auch nicht gleich, doch sehr nahe komme. Ebenso geht aus Versuchen von Parrot<sup>2)</sup> hervor, dass aus Salzlösungen Eis gefriert, welches nur sehr wenig Salz enthält und dass dieser Salzgehalt um so geringer ist, je langsamer sich das Eis bildet. Einige Versuche, welche ich hierüber angestellt habe, führten zu demselben Resultate. Der, wenn auch geringe, Salzgehalt des in Salzlösungen entstehenden Eises hat seinen Grund in der eigenthümlichen Beschaffenheit desselben. Dasselbe hat nämlich stets ein schiefriges Gefüge und hält zwischen seinen Lamellen eine nicht unbedeutende Menge der Salzlösung zurück.

Eine Kochsalzlösung vom spec. Gew 1,028 bei +15 C. wurde während einer Nacht einer Temperatur von ungefähr

1) *Philos. Transact.* 1777. Vol. 66. p. 249.

2) *Gilbert's Ann.* Bd. LVII, S. 144.

— 6° C. ausgesetzt. Etwa ein Drittel der Lösung war zu Eis geworden. Dieses wurde auf einen Trichter geworfen und lieferte, nachdem die anhaftende Lösung soviel als möglich abgetropft war, eine Flüssigkeit, welche bei + 15° C. ein spec. Gew. von 1,010 hatte, bei welcher Temperatur der flüssiggebliebene Theil ein spec. Gew. von 1,031 zeigte. Läßt man eine Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd oder zweifach chromsaurem Kali theilweise gefrieren, so zeigt schon die Farbe des flüssiggebliebenen Theils und der aus dem Eise resultirenden Lösung, daß jene von größerem, diese dagegen von geringerem Salzgehalt ist als die ursprüngliche Lösung. Es ist also wohl mit Bestimmtheit anzunehmen, daß aus einer Salzlösung reines Eis gefriert und daß der geringe Salzgehalt desselben nur von eingeschlossener Mutterlauge herrührt.

3. Um die Temperaturen zu ermitteln, bei welchen die Ausscheidung von Eislücken verschiedener Salzlösungen stattfindet, wurde auf folgende Weise verfahren. Die zur Untersuchung angewandten Salze wurden entweder durch wiederholtes Umkrystallisiren möglichst rein dargestellt oder auch aus reinen Materialien gewonnen. Nachdem dieselben bei einer geeigneten Temperatur von ihrem Krystallwasser oder hygroskopischen Wasser befreit waren, wurden von denselben auf einer empfindlichen Waage bestimmte Quantitäten abgewogen und diese in 100 Grm. Wasser gelöst.

Bei einigen Salzen liefs sich wegen ihrer hygroskopischen Eigenschaft nicht füglich ein ganz bestimmtes Gewicht auswiegen, diese Salze wurden völlig entwässert, noch heiß in ein wohlverschließbares Glasrohr gebracht und in diesem das Gewicht derselben ermittelt. Die so bestimmten beliebigen Mengen der Salze wurden entweder in 100 Grm. Wasser gelöst oder es wurde zu ihrer Lösung soviel Wasser verwandt, daß in der Lösung 1, 2, 4 etc. Grm. Salz auf 100 Grm. Wasser enthalten waren. Diese so hergestellten Lösungen wurden in Glasgefäßen in eine Kältemischung aus Kochsalz und Schnee gestellt und ihre Erkaltung an einem Thermometer abgelesen, mit welchen sie

stets  
erlau  
Um  
wur  
4  
war  
dure  
lösun  
wän  
sich  
sung  
inne  
schie  
die  
wob  
Grad  
derte  
allen  
bede  
in i  
bild  
Was  
unte  
wer  
die  
von  
welc  
finde  
zuer  
fand  
fest  
das  
I  
als s  
lösun  
1)  
2)

stets umgerührt wurden. Die Eintheilung des Thermometers erlaubte eine Ablesung der Temperatur von  $10^{\circ}$  bis  $\frac{1}{20}^{\circ}$  C. Um mögliche Veränderungen des Nullpunktes zu controliren wurde derselbe von Zeit zu Zeit bestimmt.

4. Zur Erlangung von übereinstimmenden Resultaten war es erforderlich, die Lösung während der Abkühlung durch Umrühren zu bewegen. Ueberläßt man eine Salzlösung sich selbst, so geht die Eisbildung von den Gefäßwänden aus, diese überziehen sich mit einer Eistrinde, welche sich nur langsam verdickt. Die äußern Schichten der Lösung haben dann eine viel niedrigere Temperatur als die innern Schichten. Aus der bewegten Lösung dagegen geschieht die Eisbildung plötzlich in allen Theilen derselben, die Flüssigkeit wird trüber von flockigem schuppigem Eise, wobei das Thermometer ebenso plötzlich oft um mehrere Grade steigt und während längerer Zeit einen unveränderten Stand annimmt. Diese Erscheinung stellte sich bei allen Salzlösungen heraus, ihre Temperatur konnte oft ganz bedeutend unter  $0^{\circ}$  abgekühlt werden, ohne daß sich Eis in ihnen bildete, bei der dann plötzlich eintretenden Eisbildung stieg die Temperatur. Bekanntlich zeigt reines Wasser die merkwürdige Eigenschaft sich um mehr Grade unter den Gefrierpunkt abkühlen zu lassen ohne zu Eis zu werden, bei der dann plötzlich eintretenden Eisbildung steigt die Temperatur auf  $0^{\circ}$ . Diese Erscheinung, welche zuerst von Fahrenheit<sup>1)</sup> im Jahre 1722 beobachtet wurde und welche das Wasser nur unter bestimmten Umständen zeigt, findet sich bei Salzlösungen allgemein. Sie wurde wohl zuerst von Nairne<sup>2)</sup> beim Meerwasser bemerkt, welcher fand, daß sich Meerwasser bis  $27^{\circ},5$  F. abkühlen ließe, ohne fest zu werden, als nach kurzer Zeit sich Eis bildete, stieg das Thermometer auf  $28^{\circ},5$  F.

Diejenige Temperatur, welche das Thermometer, annahm als sich Eis bildete, habe ich als den Gefrierpunkt der Salzlösung oder als die Temperatur betrachtet, bei welcher sich

1) *Philos. Transact.* Vol. 38, p. 78.

2) *Philos. Transact.* Vol. 66, p. 249.

in die Lösung Eis zu bilden vermochte. Da aber die Menge des ausgeschiedenen Eises, namentlich bei concentrirten Lösungen, einen merklichen Einfluss auf den Procentgehalt des flüssig gebliebenen Theils der Lösung hat und der Gefrierpunkt, wie ich später zeigen werde, von dem Salzgehalt der Lösung abhängt, so musste um den Gefrierpunkt der Lösung genau zu ermitteln eine zu grosse Ausscheidung von Eis vermieden werden. Durch ein einfaches Mittel wurde dieses erreicht. Bekanntlich lassen sich einige Salzlösungen, welche in höherer Temperatur gesättigt sind, bedeutend abkühlen, ohne dass sich ein entsprechender Theil des gelösten Salzes ausscheidet; diese sogenannten übersättigten Lösungen lassen sich also unter ihre Sättigungstemperatur, wie jede Salzlösung unter ihren Gefrierpunkt, abkühlen. Da das wirksamste Mittel, die Uebersättigung einer Salzlösung zu verhindern, die Berührung der Lösung mit einem Krystall gleicher Art ist, wie es sich in der Lösung befindet, und aus der Salzlösung reines Eis gefriert, so wurde eine zu bedeutende Abkühlung unter den Gefrierpunkt und eine dadurch bewirkte zu grosse Ausscheidung von Eis durch ein in die Lösung geworfenes Körnchen Schnee verhindert. Um den Gefrierpunkt der Lösung genau zu erfahren, wurde derselbe durch vorläufige Versuche erst annähernd bestimmt und die Lösung dann  $0^{\circ},3$  bis  $0^{\circ},5$  C. unter diese Temperatur abgekühlt und durch ein Körnchen Schnee eine geringe Eisbildung bewirkt, das Thermometer stieg dann nur sehr wenig und die Temperatur, welche das Thermometer jetzt anzeigte, wurde als der Gefrierpunkt der Lösung notirt.

Wie in gefrierendem Wasser oder schmelzendem Schnee das Thermometer so lange einen unveränderten Stand einnimmt, bis alles Wasser fest geworden oder bis aller Schnee geschmolzen ist, so blieb auch das Thermometer auf der oben als Gefrierpunkt näher bezeichneten Temperatur beim fernern Abkühlen, nachdem sich Eis gebildet hatte, längere Zeit stehen, die Menge des Eises vermehrte sich allmählig und erst wenn diese groß genug ist, um auf den Procent-

gehalt der noch übrigen Lösung einen merklichen Einfluss zu üben, beginnt das Thermometer zu sinken. Entfernt man dann die Lösung aus der Kältemischung und setzt das Umrühren bei der gewöhnlichen Temperatur von ungefähr  $12^{\circ}\text{C.}$  fort, so steigt das Thermometer bis es auf derselben Temperatur, wie vorhin beim Abkühlen, so lange stehen bleibt als noch Eis in der Lösung vorhanden ist, und erst wenn dieses fast völlig verschwunden ist, tritt eine Temperaturerhöhung ein. In nachstehender Tabelle habe ich die Temperaturen verzeichnet, welche eine Kochsalzlösung, die 2 Grm. Salz in 100 Grm. Wasser enthielt, in einer Kältemischung aus Kochsalz und Schnee von Minute zu Minute zeigte. Die nebenstehende Tabelle enthält die analogen Bestimmungen für dieselbe Lösung, welche nachdem sie in der Kältemischung bis auf  $-1^{\circ},5\text{C.}$  abgekühlt war, in einer Temperatur von  $+12^{\circ}\text{C.}$  sich erwärmte.

#### Kochsalzlösung.

In der Kältemischung	Aus der Kältemischung
Nach 0' zeigt das Therm. $-0^{\circ},0\text{C.}$	Nach 0' zeigt das Therm. $-1^{\circ},5\text{C.}$
» 1 » » » $-1,0$	» 1 » » » $-1,4$
» 2 » » » $-1,5$	» 2 » » » $-1,3$
Es bildet sich Eis in der Lösung.	» 3 » » » $-1,2$
» 3' » » » $-1^{\circ},2\text{C.}$	» 4 » » » $-1,2$
» 4 » » » $-1,2$	» 5 » » » $-1,2$
» 5 » » » $-1,2$	» 6 » » » $-1,2$
» 6 » » » $-1,2$	» 8 » » » $-1,2$
» 7 » » » $-1,2$	» 10 » » » $-1,2$
» 8 » » » $-1,2$	» 12 » » » $-1,2$
» 9 » » » $-1,2$	» 14 » » » $-1,2$
» 10 » » » $-1,2$	» 16 » » » $-1,2$
» 11 » » » $-1,2$	» 18 » » » $-1,2$
» 12 » » » $-1,2$	» 20 » » » $-1,2$
» 13 » » » $-1,2$	» 22 » » » $-1,2$
» 14 » » » $-1,2$	» 24 » » » $-1,15$
» 15 » » » $-1,2$	» 26 » » » $-1,1$
» 16 » » » $-1,3$	Das Eis ist verschwunden
» 17 » » » $-1,3$	» 28 » » » $-1,0$
» 18 » » » $-1,3$	» 30 » » » $-0,8$
» 19 » » » $-1,4$	» 32 » » » $-0,5$
» 20 » » » $-1,4$	
» 21 » » » $-1,5$	

Lösungen von anderem Salzgehalt ergeben ganz ähnliche Zahlenreihen, bei allen blieb das Thermometer auf der oben als Gefrierpunkt bezeichneten Temperatur sowohl beim Abkühlen als auch beim Erwärmen derselben längere Zeit stehen, so daß man wohl berechtigt ist, gerade diese Temperatur als den Gefrierpunkt der Lösung zu betrachten.

5. Die Zahl der Salze, welche sich zu Versuchen über das Gefrieren ihres Lösungswassers eignen, ist eine sehr geringe. Nur wenige Salze sind bei einer Temperatur, welche unter dem Gefrierpunkte des Wasser liegt, in solcher Menge löslich, daß sich daraus Lösungen von hinlänglich verschiedener Concentration herstellen ließen und unter diesen wenigen finden sich wiederum einige, welche selbst in beträchtlicher Menge in Wasser gelöst den Gefrierpunkt desselben doch nur so wenig erniedrigen, daß die Lösungen von geringerem Salzgehalt, Zahlen ergeben, welche wegen ihrer geringen Verschiedenheit mit verhältnißmäßig gar zu großen Beobachtungsfehlern behaftet sind. So erniedrigten 30 Grm. schwefelsaures Kupferoxyd in 100 Grm. Wasser gelöst den Gefrierpunkt desselben noch nicht um 2° C.

In den folgenden Tabellen sind die durch Versuche ermittelten Gefrierpunkte verschiedener Salzlösungen zusammengestellt. Meine Zeit gestattete mir nicht diese Untersuchung auf noch andere Salze auszudehnen, ich behalte mir deshalb vor dieselbe, sobald es die Umstände erlauben, wieder aufzunehmen. Die mit *M* bezeichnete Columnne enthält die in 100 Grm. Wasser gelösten Mengen wasserfreien Salzes, *T* die zugehörigen oben näher definirten Gefrierpunkte. Die dritte Columnne enthält die Quotienten  $\frac{T}{M}$ , d. h. die durch 1 Grm. des gelösten Salzes bewirkte Erniedrigung des Gefrierpunktes.

## Kochsalz.

M	T	$\frac{T}{M}$
1	— 0°, 6 C.	— 0°, 600
2	— 1 , 2	— 0 , 600
4	— 2 , 4	— 0 , 600
6	— 3 , 6	— 0 , 600
8	— 4 , 8	— 0 , 600
10	— 6 , 0	— 0 , 600
12	— 7 , 2	— 0 , 600
14	— 8 , 4	— 0 , 600
Mittel		— 0°, 600

## Chlorkalium.

M	T	$\frac{T}{M}$
1	— 0°, 45 C.	— 0°, 450
2	— 0 , 9	— 0 , 450
4	— 1 , 8	— 0 , 450
6	— 2 , 65	— 0 , 442
8	— 3 , 55	— 0 , 443
10	— 4 , 4	— 0 , 440
12	— 5 , 35	— 0 , 446
Mittel		— 0 , 446

## Chlorammonium.

M	T	$\frac{T}{M}$
1	— 0°, 65 C.	— 0°, 650
2	— 1 , 35	— 0 , 675
4	— 2 , 6	— 0 , 650
6	— 3 , 9	— 0 , 650
8	— 5 , 2	— 0 , 650
10	— 6 , 5	— 0 , 650
12	— 7 , 8	— 0 , 650
Mittel		— 0°, 653

## Salpetersaures Ammoniak.

M	T	$\frac{T}{M}$
1	— 0°, 4 C.	— 0°, 400
2	— 0 , 8	— 0 , 400
4	— 1 , 55	— 0 , 387
6	— 2 , 3	— 0 , 383
8	— 3 , 0	— 0 , 375
10	— 3 , 65	— 0 , 365
12	— 4 , 55	— 0 , 381
Mittel		— 0°, 384

## Salpetersaures Kali.

M	T	$\frac{T}{M}$
1	— 0°, 25 C.	— 0°, 250
2	— 0 , 55	— 0 , 275
4	— 1 , 1	— 0 , 275
6	— 1 , 6	— 0 , 270
8	— 2 , 15	— 0 , 270
10	— 2 , 65	— 0 , 265
Mittel		— 0°, 267

## Salpetersaures Natron.

M	T	$\frac{T}{M}$
1	— 0°, 4 C.	— 0°, 400
2	— 0 , 75	— 0 , 375
4	— 1 , 5	— 0 , 375
6	— 2 , 35	— 0 , 391
8	— 2 , 9	— 0 , 362
10	— 3 , 6	— 0 , 360
12	— 4 , 35	— 0 , 363
14	— 4 , 9	— 0 , 350
16	— 5 , 65	— 0 , 355
Mittel		— 0°, 370



Salpetersaurer Kalk			Kohlensaures Kali.		
M	T	$\frac{T}{M}$	M	T	$\frac{T}{M}$
1,42	—0°,4 C.	—0°,281	1,41	—0°,45 C.	—0°,319
5,02	—1 ,4	—0 ,279	3,06	—0 ,95	—0 ,310
6,99	—1 ,9	—0 ,272	5,29	—1 ,7	—0 ,321
11,12	—3 ,05	—0 ,274	7,715	—2 ,45	—0 ,318
11,86	—3 ,3	—0 ,278	12,20	—3 ,9	—0 ,319
14,92	—4 ,15	—0 ,276	14,86	—4 ,7	—0 ,316
	Mittel	—0°,277		Mittel	—0°,317

6. Vergleichen wir die durch verschiedene Mengen desselben Salzes bewirkten Erniedrigungen des Gefrierpunkts, so zeigt sich, dass dieselben in eben demselben Verhältniss zu einander stehen, wie die in den Lösungen befindlichen Salzmenngen selbst, dass also die Erniedrigung des Gefrierpunkts dem Salzgehalt der Lösung proportional ist. Dann müssen selbstverständlich die für 1 Grm. Salz aus den verschiedenen Beobachtungen berechneten Erniedrigungen sich bei allen Lösungen desselben Salzes als gleich ergeben; dass dieses der Fall ist, zeigen die Quotienten der dritten Columnne. Diese stimmen so gut unter einander überein, oder weichen nur so wenig von dem aus ihnen berechneten Mittelwerthe ab, dass diese Abweichungen völlig in die Gränzen der unvermeidlichen Beobachtungsfehler fallen.

Von den bis jetzt untersuchten 8 Salzen krystallisiren die 6 ersten bekanntlich wasserfrei, die beiden letzten indessen krystallisiren nicht nur mit Krystallwasser, sondern beide gehören auch zu den Salzen, welche die Chemie hygroskopische oder gar zerfließliche nennt. Die angeführten Zahlen zeigen indessen, dass auch bei diesen Salzen die Erniedrigungen des Gefrierpunktes zunehmen, wie die Mengen des gelösten wasserfreien Salzes. Nähmen beim Auflösen diese Salze, die als wasserfreie angewandt wurden, zuerst ihr Krystallwasser auf und löste sich die wasserhaltige Verbindung als solche in dem übrigen Wasser, so müsste die Menge des wasserhaltigen Salzes in einem



ganz andern Verhältniss stehen als die Mengen des wasserfreien Salzes, und eine Proportionalität könnte unmöglich stattfinden.

Nehmen wir aus obigen Versuchen aus den durch 1 Grm. gelösten wasserfreien Salzes bewirkten Erniedrigungen des Gefrierpunktes das Mittel und bezeichnen wir mit  $M$  die Anzahl der Gramme, die in 100 Grm. Wasser gelöst sind, mit  $E$  die durch sie bewirkte Erniedrigung des Gefrierpunktes, so drücken folgende Gleichungen die Beziehung zwischen  $M$  und  $E$  aus:

Für Chlorammonium . . . . .	$E = - 0^{\circ},653 M$
„ Kochsalz . . . . .	$E = - 0 ,600 M$
„ Chlorkalium . . . . .	$E = - 0 ,443 M$
„ salpetersaures Ammoniak . . . . .	$E = - 0 ,384 M$
„ salpetersaures Natron . . . . .	$E = - 0 ,370 M$
„ salpetersaures Kali . . . . .	$E = - 0 ,267 M$
„ kohlenaures Kali . . . . .	$E = - 0 ,317 M$
„ salpersaurer Kalk . . . . .	$E = - 0 ,277 M$

7. Es fanden sich aber einige Salze, bei welchen eine so einfache Beziehung zwischen der Erniedrigung des Gefrierpunktes und der Menge gelösten Salzes nicht stattfindet. Bei diesen nimmt nämlich die Erniedrigung des Gefrierpunktes in einem größern Verhältniss zu als die Menge des gelösten Salzes. Zu diesen Salzen gehört namentlich Chlorcalcium. Zur Darstellung desselben wurde Marmor in reiner Chlorwasserstoffsäure gelöst, dasselbe in einer Platinschale völlig entwässert, in Glasröhren in beliebigen Quantitäten abgewogen und diese in soviel Wasser gelöst, daß in 100 Grm. Wasser 1, 2, 4 etc. Grm. wasserfreies Chlorcalcium enthalten waren. Nachstehende Tabelle enthält die bei den verschiedenen Lösungen ermittelten Gefrierpunkte.

## Chlorcalcium Ca Cl.

$M$	$T$	$\frac{T}{M}$
1	- 0°,4 C.	- 0°,400
2	- 0,9	- 0,450
4	- 1,85	- 0,462
6	- 2,85	- 0,476
8	- 3,9	- 0,487
10	- 4,9	- 0,490
14	- 7,4	- 0,528
18	- 10,0	- 0,555

Die in der dritten Columnne enthaltenen Quotienten zeigen, daß die oben erwähnte Proportionalität für Chlorcalcium nicht gilt, die Erniedrigungen des Gefrierpunktes stehen vielmehr in einem ganz andern Verhältniß als die Mengen des in Lösung befindlichen wasserfreien Salzes. Nimmt man aber an, daß wasserfreies Chlorcalcium beim Auflösen sich zunächst mit 6 Aequivalenten Krystallwasser verbindet und mit diesen verbunden sich in dem übrigen Wasser auflöst, so wird das Verhältniß zwischen gelöstem Salz und Lösung ein ganz anderes. Es verhalten sich dann die Mengen des in 100 Grm. gelösten Salzes nicht wie 1 : 2 : 4 : 6 u. s. w. sondern wie : 2,02 : 4,15 : 6,32 u. s. w.; in eben diesem Verhältniß stehen, aber auch die Erniedrigungen des Gefrierpunktes. Die folgende Tabelle enthält unter  $M$  die Mengen des mit 6 Aeq. Wasser krystallisirten Chlorcalciums, welche sich in den angewandten Lösungen in 100 Grm. Wasser gelöst befinden. Die in der dritten Columnne enthaltenen Quotienten zeigen, daß in diesem Falle wieder eine einfache Beziehung zwischen dem Salzgehalt und der Erniedrigung des Gefrierpunktes stattfindet.

Chlorcalcium  $\text{CaCl} + 6\text{aq}$ 

$M'$	$T$	$\frac{T}{M'}$
1,99	$-0^{\circ},4 \text{ C.}$	$-0^{\circ},201$
4,02	$-0,9$	$-0,223$
8,21	$-1,85$	$-0,225$
12,57	$-2,85$	$-0,226$
17,20	$-3,9$	$-0,226$
21,80	$-4,9$	$-0,224$
31,89	$-7,4$	$-0,232$
43,05	$-10,0$	$-0,231$
Mittel $-0^{\circ},227$		

Zu einigen Versuchen mit Chlorbarium wurden von demselben bestimmte Quantitäten des mit 2 Aeq. Wasser krystallisirten Salzes in 100 Grm. Wasser gelöst. Aus den in der nachstehenden Tabelle enthaltenen Zahlen geht hervor, daß auch dieses Salz mit seinem Krystallwasser verbunden den Gefrierpunkt des Lösungswassers erniedrigt. Die Columnne  $M$  enthält die Anzahl der Gramme des krystallisirten Salzes, welche in 100 Grm. Wasser gelöst sind.

Chlorbarium  $\text{BaCl} + 2\text{aq}$ 

$M$	$T$	$\frac{T}{M}$
1	$-0^{\circ},2 \text{ C.}$	$-0^{\circ},200$
2	$-0,4$	$-0,200$
4	$-0,75$	$-0,188$
6	$-1,15$	$-0,195$
8	$-1,5$	$-0,189$
10	$-1,9$	$-0,190$
12	$-2,3$	$-0,191$
14	$-2,65$	$-0,188$
18	$-3,4$	$-0,188$
20	$-3,95$	$-0,197$
Mittel $-0^{\circ},192$		

8. Oben habe ich die mit Kochsalzlösungen angestellten Versuche zusammengestellt und gezeigt, daß die Erniedri-

gung des Gefrierpunktes dem Salzgehalt der Lösung proportional ist. Es stellte sich indessen heraus, daß Kochsalzlösungen, welche mehr als 14 Grm. Kochsalz in 100 Grm. Wasser enthielten von dieser Proportionalität abwichen, daß bei diesen Lösungen die Erniedrigung des Gefrierpunktes in einem größeren Verhältniß als der Salzgehalt der Lösung zunimmt. Diese Abweichung von der Proportionalität findet in der Annahme ihre Erklärung, daß sich von  $-9^{\circ}$  C. an in einer Kochsalzlösung ein wasserhaltiges Salz bildet, und daß dieses auf den Gefrierpunkt des übrigen Lösungswassers einwirkt. Durch die Beobachtung von Lowitz <sup>1)</sup> ist bekannt, daß bei niedriger Temperatur aus einer Kochsalzlösung ein Salz krystallisirt, welches in seiner chemischen und physikalischen Eigenschaft von gewöhnlichem Kochsalz sehr abweicht. Diese Eigenschaften sind durch die Untersuchungen von Mitscherlich <sup>2)</sup>, Marx <sup>3)</sup> und andern bekannt geworden und geht aus denselben hervor, daß dieses Salz 4 Aeq. Wasser enthält. Die Temperatur bei welcher sich dieses Salz bildet, liegt nach Lowitz bei 168 Delisle'schen Graden ( $= -12^{\circ}$  C.) nach Mitscherlich bei  $-8$  bis  $-10^{\circ}$  C. Nimmt man die letztere Beobachtung als die richtige an, und berechnet unter der Voraussetzung, daß sich von  $-9^{\circ}$  C. an in Kochsalzlösungen dieses Salz bildet, für die Lösungen welche mehr als 14 Grm. Kochsalz in 100 Grm. Wasser enthalten, wie viel in diesen Lösungen von diesem Salze in 100 Grm. Wasser enthalten, so ergeben sich Werthe wie sie in der Tabelle rechts zusammengestellt sind. Die in der dritten Columne enthaltenen Quotienten zeigen, daß eine Proportionalität zwischen Salzgehalt und Erniedrigung des Gefrierpunktes jetzt wieder stattfindet.

1) Crell Chem. Ann. I. Bd. 1793, S. 314.

2) Pogg. Ann. XVII. Bd., S. 385.

3) Schweigger's Journ. XL. Bd., S. 161.

## Kochsalz.

Wasserfreies.			Wasserhaltiges.		
In 100 Wasser sind Na Cl	Bildet Eis bei	1 Grm. Salz bei	In 100 Wasser sind Na Cl + 4 aq	Bildet Eis bei	1 Grm. Salz bei
1 Grm.	— 0°,6 C.	— 0°,600			
2	— 1,2	— 0,600			
4	— 2,4	— 0,600			
6	— 3,6	— 0,600			
8	— 4,8	— 0,600			
12	— 7,2	— 0,600			
14	— 8,4	— 0,600			
15	— 9,2	— 0,613	27,04 Grm.	— 9°,2 C.	— 0°,340
16	— 9,9	— 0,619	29,06	— 9,9	— 0,341
17	— 10,6	— 0,623	31,07	— 10,6	— 0,341
18	— 11,4	— 0,633	33,17	— 11,4	— 0,343
19	— 12,1	— 0,637	35,29	— 12,1	— 0,342
20	— 12,8	— 0,640	37,38	— 12,8	— 0,342

Bezeichnet man mit  $M$  die Menge des mit Krystallwasser verbundenen Salzes, welches in 100 Grm. Wasser gelöst ist, mit  $E$  die durch dasselbe bewirkte Erniedrigung des Gefrierpunktes, so ist für Chlorkalcium, Chlorbarium und Chlornatrium (von  $-9^{\circ}$  C. an):

Krystallisirtes Chlorkalcium  $E = -0^{\circ},227 M$

„ Chlorbarium  $E = -0,192 M$

„ Chlornatrium  $E = -0,342 M$

Das auffallende Verhalten, welches Kochsalzlösungen von  $-9^{\circ}$  C. an zeigten, veranlafte mich einige Versuche mit Lösungen anzustellen, aus denen bei niedriger Temperatur wasserreiche Hydrate krystallisiren, mit Lösungen von Kalihydrat und Schwefelsäure. Die Versuche führten zu Zahlen, welche in keiner Weise eine einfache Proportionalität erkennen liefsen. Es scheint vielmehr aus denselben hervorzugehen, dafs sich in diesen Lösungen Hydrate bilden, welche mit abnehmender Temperatur stets wasserreicher werden und dafs diese erniedrigend auf den Gefrierpunkt des übrigen Wassers einwirken, oder dafs sich eine Veränderung in der Constitution des gelösten Salzes, wie sie bei Kochsalzlösung bei  $-9^{\circ}$  C. eintritt, bei einer Lösung von Kalihydrat und Schwefelsäure mehrmal wiederholt.

Aehnliche Abweichungen scheinen bei einem Gemisch aus Alkohol und Wasser und bei Zuckerlösungen stattzufinden, indessen habe ich bis jetzt die Versuche nicht in hinlänglicher Anzahl anstellen können, um den numerischen Ausdruck für diese Abweichungen festzustellen.

9. Es folgt aus vorstehenden Versuchen:

- 1) Bei wässerigen Salzlösungen wird der Gefrierpunkt des Lösungswassers proportional den Mengen des gelösten Salzes erniedrigt.
- 2) Einige Salze erniedrigen den Gefrierpunkt als wasserfreie Salze.
- 3) Andere wirken auf die Erniedrigung des Gefrierpunkts als wasserhaltige Salze.
- 4) Noch andere Salze erniedrigen den Gefrierpunkt bis zu einer gewissen Temperatur als wasserfreie, bei niedrigerer Temperatur als wasserhaltige Salze.
- 5) Daraus folgt, daß die Versuche über die Erniedrigung des Gefrierpunkts wässeriger Salzlösungen ein Mittel darbieten zu entscheiden, ob ein Salz als wasserfreies, oder mit einer bestimmten Menge Wasser verbunden sich in Lösung befindet.

Durch die bereits oben angeführten Versuche von Wüllner »über die Verminderung der Spannkraft von Dämpfen aus Salzlösungen« ist dargethan, daß die Spannkraft der Wasserdämpfe, welche sich aus Salzlösungen entwickeln, proportional der Menge des gelösten Salzes vermindert wird. Es zeigt sich auch bei diesen Versuchen, daß man genöthigt ist anzunehmen, damit eine solche Proportionalität stattfinde, daß einige Salze als wasserfreie, andere als wasserhaltige sich in Lösung befinden. Soweit die Salze untersucht sind, wirken dieselben Salze als wasserfreie sowohl vermindern auf die Spannkraft der Dämpfe, als auch erniedrigend auf den Gefrierpunkt des Wassers ein, und ebenso sind es in beiden Fällen dieselben Salze, welche als wasserhaltige die angeführten Wirkungen aufsern. Es führen also sowohl die Versuche über die Verminderung der Spannkraft der Wasserdämpfe als auch die über den Gefrierpunkt des

Wa  
ben  
Sal  
Sal  
geb  
misch  
tet  
Sal  
pun  
hen  
pun  
aus  
Tem  
des  
von  
den  
Sal  
det  
So  
ang  
den  
über  
frie  
lieg  
salz  
dies  
vor  
läng  
von  
halt  
gest  
32  
dies  
lich  
ratu  
1)

Wassers aus Salzlösungen zu demselben Schlufs, beide geben uns ein Mittel an die Hand über die Constitution von Salzlösungen Auskunft zu erlangen.

10. Die Versuche über das Gefrieren des Wassers aus Salzlösungen haben noch ein anderes Interesse. Dieselben geben uns nämlich Aufschluß über die durch eine Kältemischung zu erzielende Temperaturerniedrigung. Es leuchtet ein, dafs beim Zusammenbringen von Schnee mit einem Salze die Temperaturerniedrigung nie unter den Gefrierpunkt einer mit diesem Salze gesättigten Lösung herabgehen kann, denn sollte die Temperatur unter den Gefrierpunkt der gesättigten Lösung sinken, so würde sich Eis ausscheiden, und dadurch wie ich oben gezeigt habe, die Temperatur bis zum Gefrierpunkt der Lösung erhöhen. Ist deshalb von einem Salze die Abhängigkeit der Löslichkeit von der Temperatur bekannt, so läfst sich hieraus, und den Versuchen über die Beziehung, welche zwischen dem Salzgehalt und dem Gefrierpunkt dieser Lösungen stattfindet, der Gefrierpunkt der gesättigten Lösung bestimmen. So findet man z. B. für Kochsalz aus den von Poggiale<sup>1)</sup> angestellten Versuchen über die Löslichkeit bei verschiedenen Temperaturen und den oben mitgetheilten Versuchen über den Gefrierpunkt der Kochsalzlösungen, dafs der Gefrierpunkt einer gesättigten Kochsalzlösung bei  $-21^{\circ}\text{C}$ . liegt und dieses ist auch die beim Vermischen von Kochsalz und Schnee zu erzielende Temperaturerniedrigung, wie dieses aus mehreren Angaben und eigenen Versuchen hervorgeht. Deshalb wird auch die vortheilhafteste, d. h. am längsten wirksame Kältemischung durch Zusammenbringen von Kochsalz und Schnee in solchen Gewichtsmengen erhalten werden, in welchen sich beide in einer bei  $-21^{\circ}\text{C}$ . gesättigten Auflösung finden, also auf 100 Theile Schnee 32 Theile Kochsalz. Bringt man Kochsalz und Schnee in diesem Verhältnifs zusammen, so würde, wenn beide plötzlich flüssig würden, abgesehen vom Kochsalz, eine Temperaturerniedrigung von fast  $-79^{\circ}\text{C}$ . entstehen, da aber,

1) *Annal. de Chim. et de Phys.* (3) VIII, p. 463.



wie ich oben gezeigt habe, die Temperatur nie unter den Gefrierpunkt der gesättigten Lösung sinken kann, so wird zunächst auch nur so viel Schnee und Kochsalz flüssig als nöthig ist, um das ganze Gemisch auf diese Temperatur ( $-21^{\circ}$  C.) abzukühlen und die übrige Menge von Schnee und Kochsalz wird erst dann flüssig werden, wenn die dazu nöthige Wärme von Aussen zugeführt wird, wobei sich die Mischung constant auf der Temperatur von  $-21^{\circ}$  C. halten muß, gerade wie in schmelzendem Schnee die Temperatur eine völlig constante ist. Wendet man grössere Mengen von Kochsalz, als sie das eben erwähnte Verhältniß verlangt, an, so wird zwar auch eine Temperaturerniedrigung von  $-21^{\circ}$  C. eintreten, aber es wird der Ueberschuss des Kochsalzes unnützer Weise mit abgekühlt werden müssen und dadurch die Mischung nicht so lange wirksam bleiben, als dies bei dem angegebenen Verhältniß der Fall ist. Auf ähnliche Weise kann man auch die Temperaturerniedrigung bestimmen, welche beim Zusammenbringen von Schnee mit einem andern Salze entsteht, wenn man den Gefrierpunkt der gesättigten Lösung kennt.

Als vorstehende Arbeit bereits zum Druck übergeben war, kam mir eine Untersuchung des Hrn. Prof. Dufour über denselben Gegenstand zu Händen, welche derselbe in dem *Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences naturelles* No. 47 veröffentlicht. Bei meinen Versuchen bin ich davon ausgegangen, daß aus einer Salzlösung reines Eis gefriert, oder daß der geringe Salzgehalt desselben nur von eingeschlossener Lösung herrührt. Freilich ist dieses ein Gegenstand häufiger Controversen gewesen, und Hr. Dufour ist der Ansicht, daß aus einer Salzlösung salzhaltiges Eis gefriert. Da aber der Salzgehalt dieses Eises, wie aus allen und selbst aus den von Hrn. Dufour angestellten Versuchen hervorgeht, viel geringer ist, als der der angewandten Lösung, und wie ich oben gezeigt habe, um so geringer wird, je langsamer und je weniger Eis sich aus-



scheidet, so scheint mir meine Annahme, daß sich reines Eis ausscheidet, gerechtfertigt.

Um den Gefrierpunkt der Lösungen zu bestimmen und die oben erwähnte Proportionalität zwischen Erniedrigung des Gefrierpunktes und dem Salzgehalt der verschiedenen Lösungen nachzuweisen, ist es unbedingt erforderlich, wie ich gezeigt habe, daß sich nur sehr wenig Eis ausscheidet; was ich eben dadurch erreicht habe, daß ich die Lösungen nur wenige Zehntel Grade unter den durch vorläufige Versuche annähernd ermittelten Gefrierpunkt abkühlte und durch ein Körnchen Schnee eine nur geringe Ausscheidung von Eis bewirkte. Da Hr. Dufour die Lösungen in einer Kältemischung von sehr niedriger Temperatur erkalten und sich eine große Menge von Eis (oft die Hälfte der Lösung) sehr rasch ausscheiden liefs, so ist klar, daß zwischen unsern beiderseitigen Versuchen eine Uebereinstimmung hinsichtlich der Gefrierpunkte der verschiedenen Lösungen nicht zu erwarten ist, und liegt gerade hierin der Grund, daß es Hrn. Dufour nicht gelungen ist, die erwähnte Proportionalität nachzuweisen.

**IV. Ueber die neueren Linsensysteme von Merz und von Hartnack und über die Gränzen des optischen Vermögens bei unseren heutigen Mikroskopen; von P. Harting in Utrecht.**

(Aus *Verlagen en Mededeelingen der Koninglyke Akademie van Wetenschappen* (1860) mitgetheilt von F. W. Theile in Weimar.)

In meinem vom Professor Theile übersetzten Buche über das Mikroskop erwähnte ich bereits am Schlusse der Uebersicht über den gegenwärtigen Zustand des dioptrischen Mikroskops (S. 791), daß es sehr schwer falle, ein bestimmtes Urtheil über den Tüchtigkeitsgrad von Instrumenten aus verschiedenen Werkstätten abzugeben. Jeder Optiker sucht ja immerfort seine Mikroskope und namentlich die dazu gehörigen Objectivsysteme zu verbessern, um Instrumente zu liefern, die eben so gut oder noch besser sind, als die aus andern Werkstätten kommenden, und gerade diesem warmen Wettseifer verdanken wir die großen Verbesserungen des Mikroskops innerhalb der letzten Jahre bis auf diesen Tag. Es folgt hieraus, daß bei einer vergleichenden Beurtheilung von Mikroskopen nur solche Instrumente neben einander gestellt werden dürfen, die zu der nämlichen Zeit verfertigt worden sind; sonst läuft man Gefahr, ein unrichtiges und zugleich ungerechtes Urtheil zu fällen.

Von der Nothwendigkeit solcher behutsamen Rücksicht habe ich mich neuerdings wieder überzeugt, als ich im Verlaufe dieses Jahres ein Paar der neuesten Objectivsysteme von Merz und von Hartnack erhielt, bei deren Prüfung es sich herausstellte, daß beide Männer in der Herstellung dieses wichtigsten Bestandtheils eines Mikroskops sehr große Fortschritte gemacht haben; weshalb ich es für eine angenehme Pflicht erachte, zur Vervollständigung des früher über ihre Instrumente Mitgetheilten (S. 728, 729 u. S. 703 bis 711) auch die Resultate dieser neuen Prüfung zu veröffentlichen.

Von Merz erhielt ich zwei mit VI und VII nummerirte Systeme. Jedes derselben kostet nur 48 Gulden, ein im Vergleich zu andern Werkstätten und im Hinblick auf die Vorzüglichkeit der Linsen sehr niedriger Preis. An beiden ist die Correctionseinrichtung für die Benutzung ungleich dicker Deckplättchen angebracht. Nach dem Vorgange von Smith und Beck, denen sich weiterhin auch andere englische Optiker angeschlossen haben, ist der Rand dieses Correctionsapparates in zehn Abschnitte getheilt, die mit 0 bis 9 bezeichnet sind <sup>1)</sup>. Bei No. VI sind Deckplättchen von höchstens 0,6 Millim., bei No. VII solche von höchstens 0,3 Millim. Dicke anwendbar.

Der Oeffnungswinkel und die Brennweite der äquivalenten Linsen wurden nach den von mir beschriebenen Methoden (Mikroskop S. 100 und 160) bestimmt, und zwar für die beiden extremen Stellungen des Correctionsapparates:

		Ganzer Oeff- nungs- winkel.	Nutzbarer Theil d. Oeff- nungswin- kels.	Brenn- weite.
No. VI	Größte Annäherung der untersten Linse	90°	81°	3,45 <sup>mm</sup>
	Größte Entfernung der untersten Linse	68°	68°	3,84 <sup>mm</sup>
No. VII	Größte Annäherung der untersten Linse	101°	90°	2,61 <sup>mm</sup>
	Größte Entfernung der untersten Linse	66°	62°	2,48 <sup>mm</sup>

1) Eine solche Theilung empfiehlt sich nicht bloß für den ursprünglich damit erzielten Zweck (Mikroskop S. 753), sondern auch deshalb, damit solche mit veränderlicher Brennweite und Vergrößerung ausgestattete Linsensysteme zur Mikrometrie verwendbar werden, wobei ja, gleichwie beim Ocularschraubenmikrometer, beim Glasmikrometer, bei der *Camera lucida* und anderen derartigen Methoden, eine constante Vergrößerung des Mikroskops sich als Bedingung geltend macht. Wo also das Linsensystem mit einem solchen Correctionsapparate versehen wird, da sollte auch immer der Rand die erwähnte Theilung bekommen. Man

Ich will hierbei auf den verhältnißmäfsig geringen Unterschied zwischen dem ganzen Oeffnungswinkel und dem wirklich nutzbaren Theile desselben aufmerksam machen, in welchem letztern bei Wenham's Methode das Flammenbildchen ohne Gestaltveränderung und mit scharfer Begrenzung noch sichtbar ist. Darin liegt schon ein Beweis, dafs diese beiden Linsensysteme mit grofser Sorgfalt hergestellt worden sind; was auch durch die alsbald mitzutheilenden Prüfungsergebnisse weiter bestätigt wird.

Das Linsensystem von Hartnack, dem Nachfolger des bekannten Oberhäuser, ist mit No. 10 <sup>1)</sup> bezeichnet, folgt also auf No. 9, womit bei den früheren Mikroskopen aus dieser Werkstätte das stärkste System gekennzeichnet wurde. Es hat einen Correctionsapparat, aber ohne Randeintheilung. Bei verschiedenen Stellungen des letztern erhielt ich:

Ganzer Oeffnungswinkel.	Nutzbarer Theil d. Oeffnungswinkels.	Brennweite.
172°	140°	1,60 <sup>mm</sup>
170°		1,69
169°		1,72
167°		1,45
166°	135°	1,78

Anlangend die Gröfse des Oeffnungswinkels, so ist mir bis jetzt noch kein auf dem europäischen Festlande gefertigtes Linsensystem vorgekommen, das dem Hartnack'schen gleich stände. Auch ist meines Wissens bis auf diesen Tag nur dreier Systeme gedacht worden, die einen

kann sich dann in einer kleinen Tabelle die Veränderungen aufzeichnen, welche durchs Drehen des Apparats in der Vergrößerungsziffer oder im Werthe der Oculartheilungen eintreten.

- 1) Ich lernte dieses System im April d. J. durch Prof. Max Schultze kennen, der kurz vorher ein solches von Hartnack erhalten hatte. Ich bestellte mir alsbald das gleiche Linsensystem und erhielt dasselbe bereits im Juli. Der Preis desselben ist 180 Franks. Dabei meldete mir Hartnack, dafs er ein noch stärkeres System No. 11 gefertigt habe, dafs er aber wegen Geschäftüberhäufung dermalen nicht im Stande sey, ein solches zu liefern.

noch größeren Oeffnungswinkel besitzen sollen: dem einen von Spencer giebt Johnson (*Americ. Journ. f. Sciences and Arts* 1852 p. 31)  $174^{\circ},5$  Oeffnungswinkel; bei einem andern von Powell und Lealand beträgt derselbe  $175^{\circ}$  nach der zuerst von Shadbolt (*Quart. Journ. of microscopical Science* 1857. *Transact.* p. 141) gegebenen Notiz, welche Angabe ich bei einer ganz kürzlich vorgenommenen Untersuchung eines solchen Systems von  $\frac{1}{16}$  Zoll Brennweite bestätigen konnte; drittens aber soll auch Talles nach einem Berichte von C. White (*American. Journ.* 1860. *July* p. 156) Linsensysteme mit einem Oeffnungswinkel von  $175^{\circ}$  liefern.

Unerachtet dieses großen Oeffnungswinkels, der nur durch Vergrößerung des Durchschnitts und mithin auch der Dicke der Linsen zu erlangen war, ist dieses System noch ganz gut bei Deckplättchen von  $0,3^{\text{mm}}$  Dicke zu verwenden, worin ich eine vorzügliche Eigenschaft desselben erblicke.

Beachtungswerth ist es ferner, daß bei verschiedenen Stellungen des Correctionsapparates der Oeffnungswinkel und die Brennweite verhältnißmäßig sich nur wenig ändern. Ich vermute daher, daß sich nicht bloß die unterste Doppellinse, wie es gewöhnlich der Fall ist, beim Umdrehen der Schraube vor- und rückwärts bewegt, vielmehr durch die Schraube die beiden unteren Linsen gemeinschaftlich bewegt werden und nur die oberste feststeht. Daß auch auf diesem Wege die Correction für die Deckplättchen angebracht werden kann, das beweisen Amici's Objective, die zum Theil so eingerichtet sind, daß nur die oberste Linse verstellbar ist, während die drei andern unverrückt bleiben. Dem sey nun wie ihm wolle, unverkennbar gewinnt das Linsensystem durch diese geringere Veränderlichkeit seiner optischen Eigenschaften.

Hartnack hat bei diesem Objectivsysteme das im Jahre 1850 von Amici gegebene Beispiel befolgt und demselben ausdrücklich die Bestimmung ertheilt, daß zwischen dem Deckplättchen und der freien Fläche der untersten Linse eine dünne Wasserschicht sich befindet. Der Einfluss dieser

dünnen Wasserschicht, die bei einem Deckplättchen von 0,3<sup>mm</sup> Dicke nach dem Focimeter allerdings nur 0,05<sup>mm</sup> beträgt, ist auffallend genug. Wird nämlich das Objectiv auf die gewöhnliche Weise angewendet, so bleibt in seinem Unterscheidungs- und Begränzungsvermögen viel zu wünschen übrig: bei jeder Stellung des Correctionsapparates hat das Bild etwas Nebelartiges und entbehrt die scharf begränzten Ränder, auch kann man bei centrischer Erleuchtung mit divergirendem Lichte nur noch die achte Gruppe auf Nobert's Probetäfelchen unterscheiden. Sobald sich hingegen statt der Luft Wasser zwischen dem Deckplättchen und dem Objectiv befindet, gewinnt das Bild gar sehr an Klarheit und Schärfe, und bei der nämlichen centrischen Erleuchtungsweise mit divergirendem Lichte unterscheidet man jetzt deutlich in der 16. Gruppe des nämlichen Probetäfelchens die einzelnen Linien. Das ist aber noch nicht einmal die Gränze für das Unterscheidungsvermögen dieses Systems.

Der Hauptgrund dieser günstigen Einwirkung einer Zwischenschicht von Wasser scheint mir kein anderer zu seyn, als der in dem Buche über das Mikroskop (S. 725) angegebene. Da das Wasser ein stärker lichtbrechendes Medium ist als die Luft, so nimmt die Reflexion der Lichtstrahlen an der Oberfläche des Deckplättchens und weiterhin an der Unterfläche des Objectivs bedeutend ab, ja sie kommt fast gänzlich in Wegfall. Folglich dringen auch mehr Lichtstrahlen ins Mikroskop und die dünne Wasserschicht hat die nämliche Wirkung, wie eine Vergrößerung des Oeffnungswinkels. Diese günstige Veränderung wird dann hauptsächlich den Randstrahlen zu Theil, die am schiefsten einfallen. Die Randstrahlen theiligen sich daher stärker an der Bildung des vor dem Ocular auftretenden Bildes und da sie beim Durchgange durch ein durchsichtiges Object zu meist von ihrer Bahn abgelenkt werden und die kleinen dadurch hervorgerufenen Abweichungen an dem Bilde sichtbar werden, so muß das Unterscheidungsvermögen

gen des Mikroskops durch jene Zwischenschicht von Wasser sich steigern.

Selbstverständlich würde dieser Gewinn gänzlich verloren gehen, wenn die optische Einwirkung des Objectivs, d. h. das Brechungs- und Zerstreuungsvermögen der benutzten Glasarten, gleichwie die Form und der wechselseitige Abstand der daraus geschliffenen Linsen, nicht in vollkommenem Einklange damit ständen. Durch die eingeschobene Wasserschicht wird nun zwar die Form der brechenden Oberflächen nicht verändert, da sich über ihr die plane Fläche der Flintglaslinse, unter ihr die ebenfalls plane Oberfläche des Deckplättchens befindet. Gleichwie aber die Anwesenheit oder die Entfernung eines Deckplättchens auf den Gang der Lichtstrahlen vom entschiedensten Einflusse ist, ebenso muß auch die Ersetzung der Luftschicht zwischen Deckplättchen und Objectiv durch das stärker brechende und zerstreue Wasser ganz verändernd auf die sphärische und chromatische Aberration einwirken: ein Linsensystem, worin beiderlei Aberrationen für den Gebrauch in freier Luft verbessert sind, kann unmöglich für die Benutzung mit einer intermediären Wasserschicht sich eignen, und umgekehrt wird ein Hartnack'sches für Einschließung von Wasser berechnetes System nothwendig unklare Bilder geben müssen, sobald bei seinem Gebrauche die dünne Wasserschicht weggelassen wird. Mit einem Worte, die dünne Wasserschicht ist ein wesentlicher Bestandtheil des Objectivs und bildet ein neues optisches Element desselben, das bei gehöriger Uebereinstimmung mit den übrigen optischen Elementen auch zur Beseitigung der noch rückständigen sekundären Aberrationen einen vortheilhaften Einfluß äußern kann.

Es trägt ferner noch ein Umstand dazu bei, daß das optische Vermögen eines Objectivsystems durch eine eingeschobene dünne Wasserschicht gesteigert wird. Da die letztere einen gleichen Einfluß wie ein Deckplättchen ausübt, und je nach der Dicke der Deckplättchen durch den Correctionsapparat die Linsen des Objectivs einander näher



gerückt werden müssen, so wächst damit auch die vergrößernde Kraft der nämlichen Linsencombination und es nimmt die Gröfse des Oeffnungswinkels zu.

Nach dem bisher Besprochenen beruht das stärkere optische Vermögen eines Linsensystems, welches für Eintauchen in Wasser eingerichtet ist, auf folgenden drei Momenten:

- a. Eine Combination der nämlichen Doppellinsen erzeugt eine Zunahme der vergrößernden Kraft.
- b. Das Wasser, als neu hinzutretendes optisches Element, kann zur Verbesserung der noch rückständigen Aberrationen beitragen.
- c. Die Reflexion der Lichtstrahlen an der obern Fläche des Deckplättchens und an der Unterfläche der untersten Flintglaslinse ist fast ganz beseitigt. Dieses letztere Moment ist ohne Zweifel das gewichtigere; dies würde aber weit weniger der Fall seyn, wenn nicht gleichzeitig das zweite Moment in Wirksamkeit wäre.

Aufser der Steigerung des optischen Vermögens am Objectiv führt die Einschiebung der dünnen Wasserschicht auch noch zwei andere Vortheile mit sich, die zwar nicht auf der Stelle ins Auge fallen, aber jedenfalls eine grofse praktische Bedeutung haben.

Da die Linsen dieses Objectivs einander mehr genähert sind, so fällt dessen Brennweite entfernter von seiner unteren Fläche und es ist mithin die Anwendung dickerer Deckplättchen bei demselben zulässig, oder wenn sehr dünne Deckplättchen genommen werden, so kann man Objecte oder Theile eines Objects, die in einer gewissen Tiefe darunter befindlich sind, damit beobachten.

Endlich gewährt eine solche eingeschobene Wasserschicht auch noch den Vortheil, dafs sie zugleich als Deckplättchen oder besser als Theil eines Deckplättchens wirkt, und da die Dicke der Wasserschicht in dem Maafse zunimmt, als das gläserne Deckplättchen dünner ist, so unterliegt das Gesamtdeckplättchen, d. h. Wasser- und Glasschicht zusammen, einer weniger abändernden Dicke, und es bedarf



daher auch nicht so großer Veränderungen im Correctionsapparate, wenn dasselbe Object unter ungleich dicken Deckplättchen scharf werden soll.

Diesen mehrfachen Vortheilen gegenüber steht nur das Eine, daß man sich die kleine Mühe geben muß, ein Wassertröpfchen zwischen das Objectiv und das Deckplättchen zu bringen. Aus eigener Erfahrung weiß ich, daß die Objective nicht darunter leiden, wenn man destillirtes Wasser dazu benutzt und dieses nach jedesmaligem Gebrauche mittelst eines weichen Läppchens sorgfältig abwischt. Schon vor vielen Jahren arbeitete ich längere Zeit hindurch mit stark vergrößernden Glaskügelchen, die wegen des geringen Focus immer in das die Objective umgebende Wasser tauchten, und ich habe hiervon keine nachtheilige Wirkung wahrgenommen.

Ganz anders verhält es sich mit Oelen, namentlich mit dem hierzu besonders empfohlenen Mohnöle, das bekanntlich zu den trocknenden Oelen gehört. In Folge des größeren Brechungsvermögens von Oel, welches demjenigen des Glases noch näher kommt, kann vielleicht das optische Vermögen eines Objects zunehmen. Doch erachte ich es für gewagt, theure Linsensysteme in eine Flüssigkeit zu tauchen, die man nachher nur durch Alkohol oder Aether gänzlich wieder wegschaffen kann, was ja bei Doppellinsen, die durch Canadabalsam verbunden sind, schon bedenklich erscheint.

Ich will nun die Resultate einiger mit diesen Objectiven unternommenen Prüfungen mittheilen, wodurch sich ein Urtheil über ihre optische Tüchtigkeit begründen läßt. Ich beschränke mich aber auf eine Vergleichung des stärkeren Objectives von Merz mit jenem von Hartnack, und bemerke dabei, daß das Objectiv von Merz eine ungefähr  $1\frac{1}{2}$  Mal größere Brennweite hat, so daß es, bei gleichem Ocular und gleicher Rohrlänge, nur etwa zwei Drittheile der Vergrößerung giebt, die man mittelst des Hartnack'schen Objectivs erreicht.

Damit nun die Vergleichung, soweit möglich, bei gleicher Vergrößerung stattfinde, wurde die innerste Röhre des Oberhäuser'schen Stativs beim Objectiv von Merz ganz ausgezogen, bei jenem von Hartnack ganz eingeschoben. Mit dem schwächsten Oberhäuser'schen Ocular wurde dann bei den verschiedenen Stellungen des Correctionsapparates eine 430 bis 450malige Vergrößerung erzielt. Es konnten aber auch stärkere Oculare genommen werden, so daß die Vergrößerung bis zu 1500 stieg, wodurch zwar nicht mehr gesehen wurde, als bei der schwächern Vergrößerung, die Beobachtung der Objecte aber leichter und dadurch deutlicher wurde.

Am Stativ befand sich mein Beleuchtungsapparat (Mikroskop S. 842) angebracht, wodurch man centrische und excentrische Beleuchtung anzubringen im Stande ist, mit mancherlei Modificationen des ins Mikroskop eintretenden Strahlenbündels.

Ueber die Prüfungen mit excentrischer Beleuchtung kann ich mich ganz kurz dahin aussprechen, daß ich keine Prüfungsobjecte kenne, deren gesammte Einzelheiten beim mehr oder weniger schiefen Einfallen des Lichts mittelst jener beiden Objective nicht eben so gut zu erkennen waren, wie bisher durch irgend ein anderes Mikroskop. Ich will nur die schwierigeren Objecte nennen: *Navicula Spenceri*, *Navicula Amici*, *Ceratoneis fasciola*, *Navicula sigmoides*, *Surirella gemma*, *Grammatophora subtilissima*.

Unter Anwendung der verschiedenen durch den Beleuchtungsapparat gebotenen Hülfsmittel, namentlich bei sehr schief einfallendem divergirendem Lichte und bei Ausschluß der mittleren Strahlen, gelang es mir, an einem Nohbert'schen Probetäfelchen mit 30 Gruppen selbst die Linien der dreißigsten Gruppe zu unterscheiden. Der Abstand dieser Linien (ihre Dicke selbst mit eingerechnet) beträgt hier nach Nohbert's Angabe 0,000125 par. Linie oder  $\frac{1}{8000}$  Millimeter. Man weiß daher nicht, soll man sich mehr wundern über die Kunst, womit diese Linien gezo-

gen worden sind, oder über das Unterscheidungsvermögen des Mikroskops, welches diese Linien zur Ansicht bringt.

Bei Benutzung des schief einfallenden Lichts scheint auch das stärkere Objectiv von Hartnack vor dem schwächeren Merz'schen wenig voraus zu haben; nur sieht man durch das erstere die nämlichen Strichelchen und Pünktchen der Probeobjecte etwas leichter oder bequemer. Anders aber gestaltet sich die Sache bei centrischer Beleuchtung <sup>1)</sup>, wobei das Hartnack'sche Objectiv seine volle Kraft bewährt. Bei einfacher Beleuchtung mit dem centrisch gestellten platten Spiegel, also mit senkrecht einfallenden parallelen Strahlen, wurde die durch kleine vorragende Pünktchen erzeugte Strichelung von *Navicula (Pleurosigma) angulata* ohne Mühe ganz deutlich wahrgenommen, und eben so die Strichelung von *Navicula Spenceri*, welche letztere noch vor wenig Jahren als das *non plus ultra* für die besten englischen und amerikanischen Mikroskope bei schief einfallendem Lichte galt. Mit dem Objective von Merz ist diese Strichelung nur bei schief einfallendem Lichte zu erkennen, dann aber auch sehr gut. Als die Gränze des Unterscheidungsvermögens für centrische Beleuchtung ergab sich für dieses Merz'sche Objectiv unter den mir zu Gebote stehenden Probeobjecten *Navicula (Pleurosigma) Watsonii*.

Mit dem Objective von Merz wurde am Nobert'schen Probetäfelchen bei Erleuchtung mit senkrechten parallelen Strahlen die 9. Gruppe deutlich, und die 11. Gruppe bei centrischer Beleuchtung mit divergirenden Strahlen, in-

- 1) Es wäre wünschenswerth, daß bei Angabe des optischen Vermögens eines Mikroskops auch die Beleuchtungsweise immer genau angegeben würde. Nur bei einer einzigen Art von Beleuchtung bekommt man Resultate, die vollkommen vergleichbar sind, nämlich bei der centrischen mittelst eines unter dem Objectivtische befindlichen Planspiegels. Kommen zusammengesetzte Beleuchtungsapparate zur Anwendung, wodurch divergirende, convergirende oder schiefe Strahlen auf das Object fallen, dann vermag man nicht mehr genau anzugeben, wieviel von dem erhaltenen Resultate auf Rechnung der Beleuchtung, wieviel davon auf Rechnung des benutzten Objectivs kommt.

dem ein Linsensystem von etwa 8 Millim. Brennweite in die Bahn der Strahlen gebracht wurde; mit Hartnack's Objectiv traten bei diesen beiden Beleuchtungsweisen die 14. und 16. Gruppe hervor.

Das stärkere Unterscheidungsvermögen des Hartnack'schen Linsensystems rührt einerseits von dem größern Oeffnungswinkel her, andererseits von der Wasserschicht, wodurch die größere Oeffnung vollkommen nutzbar gemacht wird. Bringt man indessen, wie billig, auch noch in Anschlag, daß das Merz'sche System eine entschieden größere Brennweite hat, so wird man zugestehen müssen, daß dasselbe zwar dem Hartnack'schen hinsichtlich des optischen Vermögens nachsteht, sich ihm aber doch so sehr annähert, als man es nur überhaupt von einem solchen Systeme zu erwarten berechtigt ist.

Ich wollte mit Hartnack's Objective über die äußersten Grenzen des optischen Vermögens unter besonders günstigen Umständen einige Versuche anstellen, und bediente mich dazu der Methode, die ich in meinem Buche über das Mikroskop (S. 294, 710 und 722) beschrieben habe.

Die Grenzen der Sichtbarkeit dioptrischer Bilder waren;

Für ein rundes oder kugelförmiges

Object . . . . . 0,152<sup>mm</sup> oder  $\frac{1}{6380}$  mm

Für ein fadenförmiges Object . . . 0,022<sup>mm</sup> oder  $\frac{1}{45500}$  mm

Die Grenzen der Unterscheidbarkeit dioptrischer Bilder von einem Drahtnetze mit viereckigen Maschen waren:

	Drähte.	Interstitien.
In der einen		
Richtung	0,108 <sup>mm</sup> od. $\frac{1}{9260}$ mm	0,235 <sup>mm</sup> od. $\frac{1}{4260}$ mm
In der andern		
Richtung	0,119 <sup>mm</sup> od. $\frac{1}{8403}$ mm	0,229 <sup>mm</sup> od. $\frac{1}{4367}$ mm
Parallel gespannte		
Drähte	0,110 <sup>mm</sup> od. $\frac{1}{9100}$ mm	0,192 <sup>mm</sup> od. $\frac{1}{5210}$ mm

In der nachfolgenden kleinen Tabelle stelle ich behufs der Vergleichung einige Resultate zusammen, die in früherer und späterer Zeit mit verschiedenen Mikroskopen erlangt wurden. Für Hartnack ist an den zwei letzten Stellen das Mittel aus den vorstehenden Messungen genommen worden. Man ersieht aus dieser Tabelle mit Einem Blicke, welche Fortschritte im Verlauf von verhältnißmäßig wenig Jahren gemacht worden sind.

	Jahr der Verfer- tigung	Brenn- weite des benutzten Objecti- vis	Sichtbarkeit		Unterscheidbarkeit an einem Draht- netze	
			runder Objecte	fadenför- miger Objecte	Drähte	Intersti- tien
Dellebarre	1777	2,50	$\frac{1}{1300}$	$\frac{1}{8000}$	$\frac{1}{1400}$	$\frac{1}{800}$
Amici	1835	3,87	$\frac{1}{1070}$	$\frac{1}{37000}$	$\frac{1}{800}$	$\frac{1}{2415}$
Oberhäuser	1848	1,70	$\frac{1}{1250}$	$\frac{1}{12500}$	$\frac{1}{800}$	$\frac{1}{3350}$
Amici	1848	2,66	$\frac{1}{1750}$	$\frac{1}{11500}$	$\frac{1}{1400}$	$\frac{1}{3750}$
Hartnack	1860	1,66	$\frac{1}{1300}$	$\frac{1}{13500}$	$\frac{1}{831}$	$\frac{1}{1314}$

Bekanntlich gehen optisches Vermögen und Vergrößerung eines Mikroskops nicht gleichen Schritt mit einander. Vergleicht man die Beobachtungen durchs freie Auge mit jenen durchs Mikroskop, so ersieht man deutlich, daßs immer durch das Mikroskop ein mehr oder weniger großer Verlust entsteht. Mit der stärkeren Vergrößerung nimmt dieser Verlust zu, zumal wenn die stärkere Vergrößerung durch Verlängerung des Rohrs oder durch Anwendung stärkerer Oculare erzielt wird, und im Allgemeinen stellt sich der Verlust um so niedriger, je besser das Objectiv ist. Obgleich nun das Hartnack'sche Linsensystem recht gut Oculare verträgt, wodurch eine 1000fache, eine 1500fache, ja selbst eine 2000fache Vergrößerung zu Stande kommt, so fehlt doch noch viel daran, daßs man damit auch noch Körperchen oder Interstitien zu erkennen vermag, die um

1000, 1500 oder 2000 Mal kleiner sind als die mit bloßem Auge sichtbaren.

Bereits früher (Mikroskop S. 77) habe ich ermittelt, daß mein rechtes Auge, womit ich auch die mikroskopischen Untersuchungen auszuführen gewohnt bin, dioptrische Bildchen bei 25 Centim. Abstand vom Auge noch zu unterscheiden im Stande ist, wenn ihr Durchmesser beträgt:

bei runden Objecten . . . . .  $50,5^{\text{mm}}$  oder  $\frac{1}{19,8}^{\text{mm}}$

bei fadenförmigen Objecten . . . . .  $4,8^{\text{mm}}$  oder  $\frac{1}{209}^{\text{mm}}$

Die Maschen eines Drahtgeflechts  $60,5^{\text{mm}}$  oder  $\frac{1}{16,5}^{\text{mm}}$

Die wirkliche Verstärkung, für die nämliche Deutlichkeitsentfernung berechnet, ist demnach:

bei den runden Objecten = 332

bei den fadenförmigen Objecten = 208

bei den Interstitien = 262

Da nun die vorhin angegebenen Bestimmungen bei einer 1050fachen Vergrößerung ausgeführt wurden, so betrug der wirkliche Verlust in diesen verschiedenen Fällen 68,4 Proc., 78,2 Proc. und 75,0 Proc.

Es fehlt mithin noch viel daran, daß selbst die besten Mikroskope der Jetztzeit jenen Grad von optischer Vollkommenheit erlangt haben, der dem menschlichen Auge zukommt. Wünschenswerth erscheint es daher, daß die Optiker lieber die Verbesserung des Mikroskops im Objectiv in Verbindung mit den Ocularen erstreben, als daß sie ihr Augenmerk bloß auf die Herstellung von Objectivsystemen mit sehr kurzer Brennweite richten. Nach der letztgenannten Seite hin hat die Kunst bereits die äußersten Grenzen erreicht, die für die praktische Benutzung des Mikroskops zulässig sind, ja sie hat diese Gränze eigentlich schon überschritten. Ein Objectivsystem mit einer Brennweite von  $\frac{1}{10}$  engl. Zoll (d. h. etwa  $0,5^{\text{mm}}$ ), wie unlängst Wenham (*Quart. Journ. of microsc. Sc. Oct. 1860. Transactions of the microsc. Society p. 145*) eins zu Stande gebracht haben

soll, ist sicherlich ein Kunstwerk; nur muß ich sehr bezweifeln, daß es mit Erfolg zu einer Untersuchung benutzbar seyn werde.

Es drängt sich nun die Frage auf, ob die vorhin genannten Gränzen des optischen Vermögens bei dem untersuchten Hartnack'schen Objective auch als die äußersten Gränzen gelten dürfen, die mit unsern gegenwärtigen Mikroskopen zu erreichen sind? Eine Antwort auf diese Frage erscheint insofern bedenklich, als eine für den Augenblick ganz richtige Antwort morgen schon eine falsche seyn kann. Indessen glaube ich mich zu der Annahme berechtigt, daß Mikroskope aus verschiedenen Werkstätten, welche jene Gränzen überschreiten, jedenfalls nur in geringer Anzahl vorhanden sind, da ich Gelegenheit hatte, mehrfach die neusten großen Mikroskope mit starken Lichtsystemen zu untersuchen, die aus einigen der besten Europäischen Werkstätten hervorgegangen sind. Jene von Beneche und Wasserlein und jene von Belthle und Pekroth halten den Vergleich mit dem Hartnack'schen Objective nicht aus. Ebenso scheinen auch die neuern Systeme von Plössl nachzustehen, insofern wenigstens Pohl (Sitzungsber. der Kaiserl. Akad. d. Wissensch., Wien 1860 XL., S. 63 bis 97) davon angiebt, daß die Strichelchen von *Pleurosigma angulatum* bei einfacher Beleuchtung mit dem Planspiegel nicht zu erkennen waren, er vielmehr bei centrischer Beleuchtung erst dann zu diesem Ziele gelangte, als ein Linsensystem in die Bahn der ins Gesichtsfeld fallenden Strahlen gebracht wurde. Auch das stärkste Nabet'sche System No. 8 vom Jahre 1858, obwohl es eine noch kürzere Brennweite hat als das Hartnack'sche, reicht bei centrischer Beleuchtung mit parallelen Strahlen für dieses Probeobject nicht aus.

Ueber die neusten starken Objectivsysteme Amici's fehlt es mir allerdings an Daten. Sicherlich hat Amici, wie ich es auch schon früher (Mikroskop S. 724) hervorgehoben habe, darin auch große Fortschritte gemacht.



Man darf deshalb wohl mit Wahrscheinlichkeit annehmen, daß das Hartnack'sche Objectiv von keinem anderen bis jetzt auf dem Europäischen Festlande verfertigten übertroffen wird, es müßten denn etwa Amici'sche Objective darin eine Ausnahme machen.

Anders gestaltet sich die Sache, wenn dieser Vergleich auch auf die besten Englischen Objectivsysteme ausgedehnt wird. Durch die Güte des Dr. Molewater hatte ich Gelegenheit, ein großes Mikroskop von dem unlängst verstorbenen Andrew Rofs, welches dem Rotterdamer Krankenhause gehört und vom Jahre 1858 ist, zu untersuchen, und dadurch eine Anzahl der nämlichen Probeobjecte zu prüfen, die bei dem Hartnack'schen Objective benutzt wurden. Das stärkste zu diesem Mikroskope gehörige Objectiv soll  $\frac{1}{12}$  engl. Zoll Brennweite haben; dieselbe ist aber wirklich kürzer. Nach der Vergrößerung beim Gebrauche der nämlichen Oculare zu urtheilen, schätze ich seine Brennweite ungefähr gleich wie am Hartnack'schen Objective, d. h. etwa  $\frac{1}{15}$  engl. Zoll. In Betreff des optischen Vermögens muß ich mich aber dahin aussprechen, daß man durch das Objectiv von Rofs nicht nur alles das sehen kann, was man durch das Hartnack'sche erkennt, sondern daß jenes in Betreff des Begränzungsvermögens auch noch einen Vorzug vor dem letztern hat. Die Schärfe und Nettigkeit der Bilder ist wahrhaft erstaunenswerth. Ich erkläre dieses Linsensystem für das beste unter allen jenen, die mir bis jetzt vorgekommen sind.

Es fehlten mir zwar damals die nöthigen Einrichtungen zu einer vollständigeren Untersuchung, namentlich zur Bestimmung des Oeffnungswinkels und der äußersten Gränzen des optischen Vermögens. Bringe ich aber die Resultate meiner Beobachtung an den mir wohlbekannten Probeobjecten in Anschlag, so liegen diese Gränzen gewiß noch weiter hinaus als beim Hartnack'schen Objectiv.

Das stärkste System eines im Jahre 1860 von Powell und Lealand verfertigten Mikroskops stellte Hr. P. J. Kipp einige Zeit zu meiner Verfügung, so daß ich das-

selbe  
konn  
fand  
bei d  
Corr  
Der  
bis 1  
schin  
Oeffn  
chun  
diese  
schra  
durch  
lichst  
daß  
nämli  
schen  
nämli  
tersel  
gewiß  
D  
Vern  
Die  
in A  
des E  
diopt  
bläsch  
ist es  
nim  
Mikro  
eines  
das I  
erfolg  
der I  
Luftk  
lichen  
Pog



selbe einer mehr erschöpfenden Untersuchung unterwerfen konnte. Seine nominelle Brennweite ist  $\frac{1}{16}$  engl. Zoll; ich fand aber die wirkliche Brennweite der äquivalenten Linse bei der stärksten Annäherung der Doppellinsen mittelst des Correctionsapparates  $= 1,36^{\text{mm}}$  oder ungefähr  $\frac{1}{18}$  engl. Zoll. Der Oeffnungswinkel hat die bedeutende GröÙe von  $175$  bis  $176^\circ$ , d. h. unter diesem Winkel dringt noch ein Lichtschimmer ins Mikroskop; der wirklich nutzbare Theil der Oeffnung beträgt jedoch nur  $145^\circ$ . Die directe Vergleichung dieses und des Hartnack'schen Objectivs, wobei dieselben nach einander an das nämliche Mikroskop angeschraubt wurden, die Beleuchtung die nämliche war und durch Verkürzen und Verlängern des Rohrs auch eine möglichst gleiche Vergrößerung erreicht wurde, belehrte mich, daß verschiedene schwierige Probeobjecte ziemlich in der nämlichen Weise zu erkennen waren. Auch am Nobert'schen Probetäfelchen konnten bei gleicher Erleuchtung die nämlichen Gruppen unterschieden werden. Wenn ein Unterschied bestand, wie gering er auch seyn mochte, so war gewiß das Objectiv von Powell und Lealand das stärkere.

Das zeigte sich auch, als ich die Gränzen des optischen Vermögens dieses Objectivs genauer zu bestimmen suchte. Die Methode mit den Luftbläschen war hier aber schwer in Anwendung zu bringen wegen des geringen Abstands des Brennpunkts von der untern Fläche des Objectivs. Das dioptrische Bildchen nämlich befindet sich unter dem Luftbläschen, also noch in einiger Tiefe in der Flüssigkeit. Nun ist es, auch wenn man ein noch so dünnes Deckplättchen nimmt, fast unmöglich, das mit diesem Objectiv versehene Mikroskop so zu stellen, daß man das Bildchen unterhalb eines Luftbläschens scharf sieht, ohne daß das Objectiv auf das Deckplättchen aufstößt. Sobald aber dieses Aufstoßen erfolgt, ist natürlich jede Bestimmung unzulässig, weil in der Flüssigkeit eine Strömung entsteht und dadurch die Luftbläschen mit fortgerissen werden. Nach vielen vergeblichen Versuchen gelang mir aber doch einmal eine solche

Bestimmung an dem Bildchen parallel gespannter Drähte. Das kleinste Bildchen der noch wahrnehmbaren Interstitien hatte  $0,188^{\text{mm}}$  oder  $\frac{1}{3370}^{\text{mm}}$  Durchmesser. Für das Hartnack'sche Objectiv hatte, wie vorhin angegeben, diese Gränze  $0,192^{\text{mm}}$  oder  $\frac{1}{3270}^{\text{mm}}$  betragen.

Im Ganzen darf ich mich also dahin aussprechen, daß das Objectivsystem No. 10 von Hartnack im optischen Vermögen von den beschriebenen beiden englischen Systemen noch übertroffen wird. Dabei kommt noch in Betracht, daß bei den letzteren diese stärkere Wirkung ohne eine Zwischenschicht von Wasser erreicht wird, daß mithin ihre größere optische Vollkommenheit lediglich auf der genaueren Combination ihrer zusammensetzenden Linsen beruht.

Doch muß ich auch daran erinnern, daß Hartnack, wie bereits erwähnt, ein noch stärkeres Objectiv No. 11 hergestellt hat, von dem anzunehmen ist, daß sein optisches Vermögen vor No. 10 den Vorzug hat.

Dessen ungeachtet besitzt Hartnack's Objectiv einen Vorzug, wodurch es in praktischer Benutzung noch über die Objective von Rofs und Powell und Lealand zu stehen kommt, ich meine nämlich den größten Abstand zwischen Object und Unterfläche des Objectivs, wenn sich ersteres in der zum genauen Sehen erforderlichen Entfernung befindet. Die Bedeutsamkeit dieser Eigenschaft wird vielleicht denen entgehen, die das Mikroskop als ein Luxuswerkzeug, als eine Art Kaleidoskop benutzen, wodurch man sich und seinen Freunden ein Vergnügen bereiten kann, indem man einzelne dazu hergerichtete Gegenstände beschaut. Sehr hoch schätzt sie dagegen der wissenschaftliche Forscher, der die Hand immer am Knopfe der Mikrometerschraube hat und das Rohr mit feiner Einstellung auf- und abbewegt, um die Objecte, die sich in verschiedener Tiefe im Gesichtsfelde befinden, nach einander in den Focus zu bringen, oder um die über einander gelagerten Schichten des nämlichen Objects der Reihe nach zu scharfer Wahrnehmung zu bringen.

Wenn ich schliesslich noch hinzufüge, daß das Objectiv

mit  
Pfu  
nige  
Wi  
chun  
wohl  
jecti  
2

V.

U  
Met  
von  
zure  
in k  
liche  
eina  
artig  
die  
sitze  
allei  
scha  
gelm  
Dies  
scher  
M  
dirte

mit  $\frac{1}{16}$  Zoll Brennweite von Powell und Lealand 16 Pfund, jenes mit  $\frac{1}{12}$  Zoll Brennweite von Ross nicht weniger als 18 Pfund kostet, dann dürfen sich die Jünger der Wissenschaft, die meistens mit Lust und Eifer zu Untersuchungen reicher ausgestattet sind als mit irdischen Gütern, wohl freuen, daß Hartnack ein so ausgezeichnetes Objectiv um einen so geringen Preis liefert.

24. November 1860.

V. *Ueber das innere Gefüge der nähern Bestandtheile des Meteoreisens;*  
von *Freiherrn v. Reichenbach.*

XV.

Ueberblickt man die Bruch- oder Schlifffläche irgend eines Meteoriten, so findet man ein scheinbar konfusees Gemenge von allerlei Dingen, in welchem man sich nicht allzuleicht zurecht findet. Man sieht da helle und dunkle Gesteine in krausem Durcheinander mit gelben, röthlichen und weißlichen Metallpartikeln, größere und kleine Körperchen in einander eingehüllt und alles zusammen zu einem breccienartigen Klumpen verkittet. Die Eisenmeteoriten, wenn sie die bekannten Widmannstättenschen Figuren zeigen, besitzen zwar einen Schein von Ordnung ihres Einbaues, allein es ist damit nicht eben weit her; denn kaum beschaut man sie näher, so gewahrt man meistens ein unregelmäßiges Durchkreuzen verschiedenartiger Bestandtheile. Diese Verwirrung war Schuld, daß man lange Zeit sich scheute, an eine Untersuchung derselben Hand anzulegen.

Man kann die hier zusammenstehenden Stoffe in oxydirte steinige, und in oxydable metallische theilen; hier



wollen wir diesmal die Letzteren, namentlich *das Eisen*, einigen Betrachtungen unterwerfen.

Suchen wir nach einem reinen Eisenmeteoriten, als dem einfachsten Falle, in welchem man es nur mit gediegenem Metall allein zu thun hätte, so ist dieß vergeblich; es giebt keinen einzigen, der nicht fremdartige steinige Körper eingelagert enthielte, wenn auch in geringer Menge. Die verhältnißmäßig am wenigsten gemengten sind *Nelson, Senegal, Hauptmannsdorf, Smithland, Tucuman, Cap, Claiborne*, soweit nämlich die Exemplare, die mir zu Gesichte gekommen und soviel ich davon selbst habe, zu diesem Urtheile berechtigen. Allein auch diese, für den ersten Anblick einfach scheinenden Eisenmassen zeigen bei näherer Prüfung nicht bloß fast immer noch feine steinige Körperchen, sondern auch häufig kleineres oder größeres vereinzeltes Schwefeleisen oder Graphit eingeschlossen; und unterwirft man sie der Politur und dem Aetzen mittelst Säuren, so ist keiner, der bei vorsichtiger Behandlung nicht endlich Verschiedenheiten in seiner ihn konstituierenden Substanz verriethe. — An diese schloß sich die Eisenzusammensetzungen an, wie wir sie in *Saltriver, Kamptschatka, Cap, Babbsmill, Chester, Rasgata* sehen. Wenn es so einerseits Eisenmeteoriten giebt, bei denen Mannichfaltigkeit in den Bestandtheilen nicht sogleich ins Auge fällt, so giebt es dann in weiterem Fortschreiten der Verbindungen solche, die bei Entfaltung von Widmannstätten'schen Figuren eine hohe Zusammengesetztheit verrathen. Dazu ist nicht immer die Bearbeitung durch Politur und Aetzung nothwendig, viele lassen diese Figuren schon auf dem rohen Bruche sehen, wie *Zakatekas, Cosby, Bemdego, Seeläsgen, Durango, Arica, Caille, Sevier, Burlington, Ashville, Sarepta*; ja es giebt welche, bei denen man sie schon an der rohen unberührten Außenseite wahrnehmen kann, wie *Elbogen, Carthago, Lenarto, Caryfort, Sta. Rosa* u. a. m. — Schreiten wir nun fort mit der Zunahme der Zusammengesetztheit, so gelangen wir zu der Pallasgruppe, in welcher Eisen und Stein beiläufig zu gleichen Theilen gemengt sind;

wir  
rer  
end  
hier  
im  
find  
Mai  
u. a  
talli  
das  
ter  
es e  
Bish  
Sch  
sche  
der  
jene  
geba  
len  
zu g  
I  
gen  
wie  
grup  
nen,  
nen  
einar  
stanz  
Küg  
einar  
rer  
geno  
oder  
Fig.  
gein  
den,

wir kommen zu *Steinbach*, dann zu *Bitburg*, welch letzterer im Mittelpunkte aller Meteoriten zu stehen scheint; endlich zu *Hainholz*, in welchem man das Eisen nur noch hier und da in kleinern Klumpen beisammen, im Uebrigen im Uebergange zu den Steinmeteoriten ins Kleine zertheilt findet. Noch kleinere Eisenklümpchen hat man in *Aigle*, *Mains*, *Barbotan*, *Wenden*, *Slobodka*, *Linum*, *Piney*, *Blansko* u. a. m. entdeckt. Und so läuft die Erscheinung des metallischen Eisens allmählich aus in dem feinen Gestricke, das es in der Reihe der Steinmeteoriten bildet, immer zarter werdend in *Makao*, *Wesely*, *Charsonville*, *Erzleben*, bis es endlich verschwindet in *Stannern*, *Langres*, *Petersburg*, *Bishopville*, *Constantinopel*, *Jonzac*, *Quenggouk*, *Uden*, *Schalha*.

Von den Gesetzen nun, unter welchen diese metallischen Zusammensetzungen stehen; von der Mannichfaltigkeit der Metallgemische und Metallgemenge, welche Antheil an jenen haben; von dem Gefüge, nach welchem sie in sich gebaut sind, wissen wir bis jetzt dürftig wenig. Wir wollen es versuchen, über die Schwelle ihres geheimen Baues zu gehen und wenn möglich, einiges darin zu erkunden.

Den Angriff wagen wir am besten da, wo die Bildungen am deutlichsten ausgeprägt sind, und dieß ist wieder, wie bei so manchen andern Nachsuchungen, bei der Pallasgruppe. Denken wir uns, um beim Einfachsten zu beginnen, drei oder vier Kügelchen, etwa erbsengroß. Sie können kugelförmig, eiförmig, länglichförmig, gepaart, auch untereinander ungleich groß seyn, es ist gleichgültig. Die Substanz könnte beispielsweise Olivin seyn. Nähern wir diese Kügelchen einander, schließten wir sie alle drei dicht an einander an, so wird in der Mitte zwischen ihnen ein leerer Raum entstehen, der in der Ebene ihrer drei Centern genommen, ein von Kreisbögen eingeschlossenes Dreieck *a* oder eine unregelmäßige Figur *b* darstellen wird, wie in Fig. 1 u. 2 Taf. II. Denken wir uns nun, daß diese Kugeln in dieser Vereinigung in eine Flüssigkeit gebracht würden, aus welcher irgend eine Substanz langsam sich aus-

schiede und an ihre feste Umgebung allmählich anlagerte, etwa wie gemeiner Pfannenstein, dann würden die Kugeln damit überzogen und die leeren Räume zwischen ihnen allmählich enger, endlich ausgefüllt werden. Wir sehen ähnliches bei Cacholong, Jaspis etc. Würden wir aber diese Anlagerung früher unterbrechen, ehe der Zwischenraum ganz ausgefüllt wäre, etwa wenn auf die Kugeln nun erst eine dicke Rinde aufgewachsen wäre, so würden wir dieß Dreieck in Fig. 3 Taf. II. vorfinden; wobei der hier schraffierte Theil Kieselerde, kohlensaurer Kalk, Gyps, oder was immer seyn könnte. — Brächten wir diese Zusammenstellung jetzt in eine andere Flüssigkeit, mit einer andern Substanz gesättigt, aus der wieder eine feine Ablagerung sich ausschiede und an die Kugeln anlegte, so bekämen wir innerhalb derselben nach kurzer Zeit etwa eine dünne Haut aufgesetzt, wie hier Fig. 4 u. 5 Taf. II. Tauchten wir dieß in eine dritte Flüssigkeit ähnlicher Art, und ließen es längere Zeit darin, so würde der innere Raum neue Auflagerung auf seine Umfassungswände erhalten; und wenn wir dieß lange genug andauern ließen, endlich ganz zuwachsen, er würde sich ausfüllen; Steine, wo es so zugegangen, haben wir ja viele; die bekanntesten sind Onyx, Chalcedonkugeln, Cacholong, Erbsenstein, Agate, Brauneisenstein, Bohnerze, Malachite u. s. w.

Nun, solche Bildungen *besitzen* wir auch in den Meteoriten, und zwar in großer Menge.

Um ihrer deutlich ansichtig zu werden, ist es erforderlich die Meteoriten zu durchschneiden, sie auf der Schnittfläche aufs feinste zu poliren, so vollkommen, daß man auch mit der Lupe keine Schliffritzen mehr gewahr werden kann. In dieser Zurichtung ist die bloßgelegte Eisenfläche gewöhnlich ganz einförmig metallisch glänzend, ohne irgend eine Unterscheidung und *einfarbig eisengrau*; man glaubt ein gewöhnliches Stück polirten Eisens vor sich zu haben. Keines der verschiedenen Metallgemische, aus denen die Meteoreisen zusammengesetzt sind, zeigt irgend einen Farbenunterschied. Man entlarvt sie und wird ihrer ansichtig

auf zwei verschiedenen Wegen, nämlich entweder durch den *Anlauf*, oder durch das *Anätzen mit Säuren*. Der Erstere besteht darin, daß man blankpolirtes Metall auf Gluth legt und es mäßig erhitzt. Lange bevor es glüht, überzieht es sich bei gewissen Hitzgraden bekanntlich mit Regenbogenfarben. Die Eisenarbeiter nennen dies den Anlauf. Es ist muthmaßlich die Bildung einer äußerst feinen eigenthümlichen Suboxydhaut, die bei höhern Hitzgraden wieder verschwindet. Dies angewandt auf Meteorisen, treten auf der blanken Fläche zuerst die lichter Farben, Schattirungen von Gelb und Roth ein, später folgen die dunklern mit Purpurroth und Blau. Die verschiedenen Eisenarten (s. v. v.) in den Meteoriten, mit verschiedenen Verwandtschaftsgraden zum Sauerstoffe der Luft begabt, erfordern verschiedene Hitzgrade zu ihrer Oxydulirung, d. i. zu ihrem Anlaufe und ihrer davon bedingten Farbenentwicklung. Dies hat zur Folge, daß während die Einen noch gelb sind, die Andern schon blau werden, wieder Andere gleichzeitig Mitteltinten annehmen. Da die in einem Meteoriten verbundenen Eisenarten unter einander scharf abgegränzt sind und ihre Anlauffarben nach der Abkühlung beibehalten, so giebt dies ein vortreffliches Mittel an die Hand, sie von einander sichtlich zu unterscheiden. — Dies ist die Eine Methode, das innere Gefüge der Eisenpartien in den Meteoriten zur Ansicht zu bringen, die wir dem Freiherrn von Widmannstätten verdanken; aber seine Erfindsamkeit hat uns außerdem mit einer zweiten noch bessern beschenkt, und dies ist das *Anätzen mit Säuren*. Dies geschieht, wenn man mit verdünnter Salpetersäure oder Salzsäure auf die Metallfläche einwirkt und sie damit angreift. So wie die Säure wirkt, verfärbt sich die Fläche. Jede der Verbindungen des Eisens mit andern Metallen, Kürze halber hier uneigentlich *»Eisenarten«* genannt, nimmt ein anderes Aussehen an. Es treten Linien und Farben zu Tage, es kommen Zeichnungen zum Vorschein, welche die Mineralogie fortifikationsartig zu nennen pflegt. Die Aetzung darf nur schwach, es darf nur ein Hauch von der polirten



Oberfläche hinweggenommen seyn. Allzu schwache Aetzung hebt die Unterschiede zu wenig hervor; zu starke verwüstet diese Unterschiede der Substanzen und des Gefüges wieder. Verschiedene Meteorreisen leisten den Säuren verschiedenen Widerstand; das rechte Maafs jedesmaliger Behandlung muß man für jeden Meteoriten suchen.

Sehr deutlich sind diese Formen in der Pallasgruppe ausgeprägt. *Atakama* giebt ein Beispiel, welches stellenweise wenig von obiger Zeichnung abweicht. *Pallas* selbst kommt ihm nahe. *Brahin*, *Bitburg* u. a. sind nicht wesentlich davon verschieden. *Atakama* stellt diese Verhältnisse am größten, *Bitburg* am kleinsten dar. In der Wirklichkeit sind diese Kugeln selten, vielleicht niemals, rein sphärisch; sie weichen von der regelmässigen Form ab, haben verschiedene Gröfse, sind bisweilen krystallisirt, oftmals höckerig, ungleich gekoppelt und dann entstehen Zwischenräume von allen denkbaren Figuren daraus, welche hinwiederum von zwischengelagerter metallischer Substanz, die ihren Oberflächen in alle Winkel sich hineinkrümmend anschmiegt, ausgefüllt sind.

Von welcher Art die Flüssigkeiten gewesen, und in welcher Weise die Ablagerung aus ihnen vor sich gegangen seyn müsse, welche wir in den Meteoriten vorfinden, darüber habe ich meine Ansicht schon öfters in frühern Abhandlungen auszusprechen gewagt; ich habe mit Gründen nachzuweisen gestrebt, dafs die Gebilde, die vor uns liegen, nur aus einem gasförmigen Zustande sich ableiten lassen. Um sich zu krystallinischen Bildungen konsolidiren zu können, müssen die Atome der Materie frei beweglich, sie müssen suspendirt gewesen seyn. Dawider habe ich Einwürfe vernommen. Man hat es unzulässig gefunden, dafs ich Eisen, Nickel, Kobalt, Chrom, Kalkerde, Talkerde u. s. w. gasförmig annehme, und zwar im leeren Weltraume ohne Hitze, ja bei einer Kälte von 50 bis 90, ja 140 Centesimalgraden, wie man ihn berechnet hat. Wie kann Eisen, hält man mir entgegen, bei 100 Grad Kälte gasförmig angenommen werden! — Dieser Widerspruch wird nicht

schw  
ner  
He  
unse  
rere  
Dies  
der  
die  
zige  
dem  
mäfs  
Grö  
so v  
eine  
den  
Glas  
Die  
Rau  
Ber  
und  
mei  
dann  
sie  
von  
reit  
jede  
sche  
terie  
setz  
der  
rigk  
rung  
I  
drei  
bequ  
hen  
1)



schwierig zu entkräften seyn; ich habe schon einmal in einer vorangegangenen Abhandlung eine Berechnung von Hrn. Helmholtz angeführt, welche nachweist, daß *innerhalb unseres Sonnensystems auf jeden Gran festen Stoffes mehrere, ja viele Millionen Kubikmeilen freien Raumes kommen*. Dieses Rechnungsergebniss hat in Bezug auf die Bildung der Weltkörper, somit auch der Meteoriten, ein Recht auf die aufmerksamste Beachtung. Denken wir uns diesen einzigen Gran in seine Atome aufgelöst und diese einzeln in dem weiten Raume, in viele Millionen Kubikmeilen gleichmäfsig vertheilt. Wie klein man sich die doch endliche Gröfse eines Atoms immerhin vorstellen oder denken möge, so wird doch Niemand behaupten wollen, daß er sich von einem Gran den ungeheuren Raum mit Stetigkeit ausgefüllt denke, etwa wie Kohlensäuregas, mit welcher wir einen Glasballon füllen oder wie die Luft, in der wir athmen. Die Atome müssen also in dem ihnen angewiesenen weiten Raum gesondert gewesen seyn; sie müssen einzeln ohne Berührung unter einander bestanden haben, jeder für sich und vom andern in weitem Abstände, Klafter — Stadien — meilenweit eines vom andern entfernt. Da standen sie dann unter keiner Pressung, es bedurfte keiner Hitze, um sie einzeln im Schöpfungsraum suspendirt und zu Eingehung von Verbindungen und krystallinischen Ablagerungen bereit zu erhalten. Sie waren vereinzelt im Leeren frei und jedem Impulse verfügbar. — Man hat auch den hypothetischen Weltäther als denkbare Lösungsmittel für die Materie vorgeschlagen<sup>1)</sup>. Man sieht, daß diese zusammengesetzte, wenig wahrscheinliche Unterstellung unnöthig ist und der Erklärung ohne Weltäther keine theoretische Schwierigkeit im Wege liegt. Ebenso wenig bedarf es zur Erklärung der Zuflucht zu kosmischen Nebelmassen.

In der Regel sind es in der gesamten Pallasgruppe drei solcher Auflagerungsschichten, die man nach der Aetzung bequem mit bloßem Auge unterscheidet. *Alle drei bestehen aus metallischem Eisen* in verschiedenen Verbindungen

1) Weifs, S tellitenbildung S. 8. 1860.

mit Nickel und Kobalt, wahrscheinlich ohne Chrom. Die *Erste*, welche zunächst an die Kugeln, hier überall Olivin, sich anschliesst, zeigt sich nach dem Anätzen als *lichtgraues Eisen*, das von den Säuren lebhaft angegriffen wird; die *zweite* ist eine dünne, gewöhnlich kaum papierdicke Schicht, die beim Anätzen als *röthlichgelbes Eisen*, isabellfarben, zum Vorschein kommt; die *dritte* eine *dunkelgraue Eisenverbindung*, die den übrigen Raum, der innerhalb der beiden ersten leer geblieben, überall ausfüllt. Da diese drei Formen von Eisen fast immer und allenthalben miteinander vorkommen und in einer innern Abhängigkeit von einander zu stehen scheinen, so kann man sie mit Fug unter den Begriff einer *Triás* zusammenfassen, nach dem Vorbilde der Geognosten, die auf Alberti's Vorschlag in einem ähnlichen Falle das Gleiche gethan. Die Zeichnung Fig. 6 Taf. II wird diess deutlicher machen. Sie zeigt in ihren weissgebliebenen Theilen das lichtgraue Eisen; in ihren punktirten Stellen das dunkelgraue Eisen; die sämtlichen Linien entsprechen den feinen Fäden isabellfarbigen Eisens. Noch kommt, in der Pallasgruppe, jedoch sparsam, eine vierte, hier und da noch eine fünfte Eisenverbindung hinzu, welche weniger regelmässig und nicht geschichtet, mehr zerstreut und inconstant in den Meteoriten erscheinen, und sich durch weissliche Farbe und ihren gröfsern Widerstand gegen den Angriff der Säure auszeichnen, indem sie von verdünnter Salpetersäure unangegriffen, ungefärbt, blank und in ungetrübttem Glanze ihrer Politur bleiben. Die Folge wird zeigen, welche grofse Rolle diese drei bis fünf Eisenzustände und ihre Anhänge durch die ganze Meteoritenkunde hindurch spielen. Wir wollen sie der Reihe nach der Betrachtung unterziehen.

Der gegenwärtige Aufsatz soll zunächst das *lichtgraue metallische Eisen*, das sich überall unmittelbar an die Olivine anschliesst, zum Gegenstande haben. Es bildet die erste Schicht, die sich darauf ablagerte. Sehr schön tritt es in der Pallasgruppe zu Tage und unterscheidet sich hier am schärfsten und am bestimmtesten von beiden andern

Eisenarten, namentlich in *Atakama*. Fast ebenso schön wie hier findet es sich in *Pallas* selbst, dann in *Brahin*; in *Bitburg*. und in *Steinbach* ist es in kleinerem Maafsstabe ausgeprägt, und ohne Zweifel in allen zur Pallasgruppe gehörigen Meteoriten gegenwärtig, deren noch welche zerstreut vorhanden scheinen und mir noch nicht zu Gesichte gekommen sind.

Die Säure greift diesen Antheil der Eisenfläche leicht an. Setzt man die Aetzung eine kurze Zeit durch häufigere Erneuerung der Säure weiter fort, als zur blofsen Aufdeckung der Zeichnung nothwendig war, was am besten durch mehrmaliges Anstrichen mittelst eines Haarpinsels geschieht; so kommen darauf allmählich mikroskopisch feine gerade parallele Linien zum Vorschein, aufs Dichteste aneinander angereiht, und sie sieht wie schraffirt aus. Aetzt man noch stärker, so gewinnt dieß Eisen nahezu das Ansehen einer feinen, schwach gehauenen Feile und die Schraffirungen gleichen zarten wahren Feilenhieben in ein lichtgraues glänzendes Metall geschlagen. Sie sind erst alle parallel; bald aber treten auch zahllose andere, unter sich ebenfalls parallele gerade Linien darin auf, die mit den erstern unter mehr oder weniger spitzigen Winkeln sich kreuzen, bisweilen fast rechtwinklig sie schneiden. Gegen das Licht unter bestimmten Winkeln gehalten, schimmern sie lebhaft mit Metallglanz. Und da dieser Schimmer auf der geätzten Fläche des ganzen Meteoriten immer bei bestimmter Haltung zu gleicher Zeit eintritt, so müssen die schraffirten Linien alle gleiche Richtung über alle diejenigen Theile haben, welche zu gegenwärtiger Eisenart gehören. — Derselbe Fall ist es mit den zweiten, den Kreuzungslinien. Auch diese schimmern in einer bestimmten, von der vorigen verschiedenen Richtung, und schimmern ebenfalls in gleicher Weise gleichzeitig über die gesammte Oberfläche, die dieses Eisen auf dem ganzen Schnitte einnimmt. Dieß lichtgraue Eisen, nach allen seinen unzähligen Verästelungen zwischen den Olivinen, gegen das Licht gehalten, wechsellleuchtet (*changirt*) also in zwei Richtungen,

je nachdem man das eine oder das andere Strichsystem das Licht gegen die Augen reflektiren läßt. Damit ist es jedoch nicht immer abgethan; es kommen oftmals noch weiter parallele Linien von dritter, vierter Richtung zum Vorschein und wechselleuchten mit den Erstern.

Augenscheinlich sind diese Linien die Querschnitte von unzähligen zartesten Blättern, die alle parallel auf einander abgelagert sind. Sie sind die Zeugen eines krystallinischen Gefüges, nach dessen Gesetze der Einbau des Eisens zwischen den Olivinkörnern angeordnet ist. Das gesammte lichtgraue Eisen bildet demnach, so weit es gleichgerichteten Schimmer zeigt, ein Theilungsstück eines großen Krystallindividuums, das weit durch den ganzen Meteoriten verzweigt ist, und das bald in dieser bald in jener Richtung wechselleuchtend schimmert, je nachdem der Blätterdurchgang der einen oder der andern Richtung gegen Licht und Auge gestellt ist.

Wie nun ein solches System von wechselleuchtendem Eisen Einem großen verzweigten Theilungsstücke eines einzigen Krystalles angehört, so giebt es in jedem Pallas, Atakama, Steinbach u. s. w. deren nicht blofs Einen, sondern mehrere, welche mit dem erstern bald zu Zwillingskrystallen verwachsen, bald frei neben ihm zwischen den Olivinkugeln eingelagert sind. Sie besitzen dann wieder ihre eigenen Strichsysteme, und daraus folgt dann das endlos scheinbar wirre, schöne Flimmern, das die geätzte Fläche solcher Meteoriten dem Auge bei jedem Wechsel seiner Richtung gegen das Licht darbietet.

So lange man Steinmeteoriten und Eisenmeteoriten für generisch verschieden hielt, sah man die gekrümmten Eisenbildungen in der Pallasgruppe für etwas ganz eigenthümliches fast räthselhaftes an. Eine genaue Vergleichung verschiedener Individuen dieser Gruppe von verschiedenen Fallorten miteinander überbrückt aber die Kluft, welche die Pallasgruppe von den zahlreichen andern Meteoriten zu trennen schien. Sie deckt uns auf, daß die Figuren und deren Substrat, welche die Aetzung hier blofslegt, zwar

im  
nun  
sind  
Ma  
man  
lass  
ten  
lich  
aus  
läng  
ang  
San  
Sach  
stad  
die  
Ber  
San  
fun  
der  
säch  
han  
»St  
schl  
Fall  
Bru  
krün  
alle  
linig  
prac  
gene  
so v  
Ueb  
rasc  
ten  
gen  
sam  
der

im äußern Ansehen und in der Form der Lagerungsanordnung, jedoch nicht ihrem innern Wesen nach verschieden sind von denen der andern, namentlich der Eisenmeteoriten. Man findet mit Ueberraschung, daß alle die Eisenarten, die man in der Pallasgruppe gewahrt, sich in Parallele bringen lassen mit jenen, welche man bereits an den Eisenmeteoriten von Agram, Elbogen, Bohumilz u. s. w. kannte. Endlich aber eine vollständige Uebereinstimmung mit ihnen geht aus einer vergleichenden Untersuchung hervor, die ich unlängst mit einer Anzahl von Meteoriten aus der Pallasgruppe angestellt habe und die in den europäischen Mineraliensammlungen unter den Bezeichnungen: Meteoreisen von Sachsen, Norwegen, Böhmen, Eibenstock, Johanngeorgenstadt, Grimma, Naunhof, *Steinbach* aufgeführt sind. Alle die hiehergezählten Meteoriten, die ich in den Museen zu Berlin, Prag und Wien sah und die mit denen in meiner Sammlung übereinstimmen, ergaben sich bei genauer Prüfung als Bruchstücke von Einem und demselben Steinfall, der sich in der Nähe des Seifenwerkes Steinbach, an der sächsisch-böhmischen Gränze (zwischen Eibenstock und Johanngeorgenstadt gelegen), zugetragen hat. Die Benennung „*Steinbach*“ hat Hr. Haidinger angenommen und ich schliesse mich ihr als der richtigsten an. Das Eisen dieses Fallortes nun zeigte mir nach dem Aetzen in allen seinen Bruchstücken in charakteristischer Weise zwar die gekrümmte Umfassung der Olivine mit dem lichtgrauen Eisen, alle Zwischenräume aber, die dieses übrig liefs, mit geradlinigen Eisenbildungen ausgefüllt, in der zartesten, wahrhaft prachtvollen Ausprägung. Wir werden dies im Nachfolgenden deutlicher ersehen, hier aber halten wir davon nur so viel fest, daß die Figuren in der Pallasgruppe in ihrem Uebergange vom Gekrümmten zum Geradlinigen eine überraschende Uebereinstimmung der in ihr vorfindlichen Eisenarten mit denen durchblicken lassen, aus welchen alle übrigen Eisenmeteoriten mit Widmannstättenschen Figuren zusammengesetzt sind. Wenn wir demnach die Verhältnisse der gekrümmten Eisenbildungen in der Pallasgruppe ver-

stehen lernen wollen, so müssen wir die Anfragen an die geradlinigen in der Gruppe der Widmannstätten richten. Sie werden bei der Vergleichung sich gegenseitig aufklären. — Wir wollen dies in dem Folgenden versuchen.

Es giebt unter Letztern überaus schöne, zarte Bildungen durch Aetzung entblößt, wie *Putnam*, *Tazewell*, *Löwenflufs*, *Charlotte*, *Agram*, *Ashville* u. a. m., sie sind ihrer Feinheit wegen für die Prüfung minder leicht verständlich als die stärker ausgeprägten Gebilde, die von *Elbogen*, *Burlington*, *Schwetzs*, *Caille*, *Lokport*, *Madoc*, *Hazuquilla*, *Louisiana*, *Texas*, *Lenarto*, *Sta. Rosa*, *Tula*, *Nebraska*, *Carthago*, *Petropaulowsk*, *Guildford*, *Redriver*, *Bokumiliz*, *Bata*, *Durango*. Am grössten gestaltet und darum am leichtesten zur Prüfung sind *Blackmountains*, *Union County*, *Bemdego*, *Bruce*, besonders aber *Cosby* und *Seeläsgen*. Nehmen wir aus der Mitte heraus zuerst *Elbogen*, *Texas*, *Burlington* und *Lokport*. Sie stehen sich ziemlich nahe in Beziehung auf gegenwärtige Beschauung. In allen finden wir die drei Eisenarten, welche wir in der Pallasgruppe entwarfen: Das lichtgraue Eisen, das Schraffirung annimmt, zwischen diesem und dem folgenden das dünne röthlichgelbe leistenartige Eisen, das fadenartig auftritt, dann das dunkelgraue Eisen, das die Mittelräume ausfüllt. Wir begegnen hier denselben Substanzen und in derselben Reihenfolge über einander gelagert, also auf beiden Seiten, hier wie dort, die Trias. Aber eine grosse Verschiedenheit in der Form ihrer Erscheinung findet statt: sie sind hier nicht mehr gekrümmt, sie biegen sich nicht mehr um eine knolligkuglige Unterlage, ihre Gestaltung ist nicht mehr bedingt durch den Einfluss, der auf ihre Auflagerung ein ihnen fremder Körper ausübt, es ist nicht mehr Olivin, von dessen Oberfläche ihre Form abhängig wäre; sondern sie treten selbstständig auf, folgen frei der ihnen innewohnenden Anlage zur Krystallisation, nehmen gerade Richtung an und entwickeln ganz andere Gestalten als die gerundeten in der Pallasgruppe. Vor allem das lichtgraue Eisen, um das es sich hier handelt, tritt überall in vorwaltender Menge auf, beherrscht

die Meteoriten und erscheint nun in geradlinigen Stäben oder Balken, mehr breit als dick, und in Eisenmassen wie *Elbogen* und *Caille* im kaiserlichen Kabinet in Wien, und bei *Carthago*, *Sevier*, *Lenarto*, *Caryfort* und *Manji* in meiner Sammlung in vier, sechs, acht bis zwölf Zoll langen geradlinig gestreckten Balken. Ihre Trias ist nicht mehr einfach, wie in der Pallasgruppe, sondern sie wiederholt sich zahlreich neben einander gelagert, und erstreckt sich geradlinig parallel. Andere ebenso zahlreiche kreuzen sich mit ihnen, und durchschneiden sie unter Winkeln von 30, 60 und 120 Graden, und bilden mit ihnen das regelmäßige und schöne Netzwerk, welches wir dem aufmerksamen Entdecker zu Ehren Widmannstätten'sche Figuren nennen. Die Zeichnung Fig. 10 Taf. II zeigt dies deutlich.

Alle diese über einander gekreuzten Eisenbalken zeigen, wenn sie polirt und angeätzt werden, ganz dieselben Linien quer und schräge auf ihre Längsaxe, genau wie wir sie bereits in der Pallasgruppe kennen gelernt haben. Stärker angeätzt kommen dieselben feilenhiebähnlichen parallelen Schraffirungen zum Vorschein, es gesellen sich unter spitzen Winkeln sie schneidende zweite, dritte, vierte Liniensysteme hinzu und alles gleicht nach Grundanlage vollständig dem lichtgrauen Eisen in der Pallasgruppe. Es ist nur alles freier, klarer und besser ausgebildet, die Krystallisation in diesen Balken weniger gehindert, aber mit den konstitutiven Beschaffenheiten, so wie mit den Beziehungsverhältnissen zu den andern Eisenarten vollkommen übereinstimmend.

Vergleichen wir ferner die gröberen Eisenneteoriten, so sehen wir die Trias vorzugsweise in *Cosby* wiederkehren: das lichtgraue stabartige Eisen, das röthlichfahle Bandeisen, und das grauliche Fülleisen, jedoch alles mehrfältig modificirt. Das Balkeneisen zeigt zwar seine Linien oder Schraffirungen deutlich aber gröber. Dagegen ist dieses nicht mehr in so regelmäßigen Stangen ausgebildet, nicht mehr in den schönen geradlinigen und parallelen Kreuzungen entwickelt, sondern schreitet in unregelmäßig wulstige und knotige Massen aus, in denen das Auge nur mühsam in



den größern Gestalten eine Längenausdehnung im Gegensatze von Breiten und Dickenausdehnung zu gewinnen vermag. Des isabellfarbigen Bandeisens wird es wenig; es wird so dünne, daß es mit der Lupe gesucht werden muß. Das Fülleisen wird heller, nähert sich in der Farbe dem Balkeneisen, bleibt wie überall unschraffirt, und ist fast nur noch durch diese einzige Beschaffenheit vom letzteren zu unterscheiden. — Ganz derselbe Fall ist es in allen diesen Verhältnissen mit dem, Cosby so ähnlichen, *Seeläsgen*, in welchem sich dieselben wörtlich, nur noch größer und noch gröber, wiederholen, so daß dieses als das derbste in dieser Art von Eisenverbindung angesehen werden muß, was wir überhaupt haben. — Das äußerste Glied in der Reihe der Widmannstättenschen Figuren macht endlich *Arwa* aus. Im strengen Sinne sind sie zwar darauf eigentlich nicht vorhanden, doch im weiteren ist es mit einigen seiner Eigenschaften hieher zu ziehen. Die Aetzung seiner polirten Fläche muß mit sehr schwacher Säure ungemein langsam bewerkstelligt werden, nur dann kommen die feinen spar-samen Gränzen zu Tage, an denen man zwischen den knollig verwachsenen Metallmassen die feinen Reste von isabellgelben Linien und da und dort ein Fleckchen davon eingeschlossenen grauen Fülleisens gewahr wird, an denen man, sammt den Schraffirungen erkennt, daß fast alles was man hier vor sich hat, nichts als Balkeneisen ist.

Nachdem wir nun die krummlinige und die geradlinige Bildung des Balkeneisens, jene in der Pallasgruppe, diese in der Gruppe der Widmannstättens kennen gelernt haben, kommen wir zu jenen Fällen, wo beide miteinander und ineinander vorkommen. Spuren davon findet man schon in manchen Exemplaren von Pallas und Atakama, ja selbst in den kleinen Stückchen von Brahın, die ich besitze, habe ich sie wahrgenommen. Als Prototyp hiervon aber haben wir *Steinbach* zu betrachten. Dieser zierliche Meteorit, seiner Masse nach zum größeren Theile aus Olivin bestehend, zeigt zunächst diesen schmal, aber regelrecht in lichtgraues Balkeneisen eingethüllt; aber das zur Trias gehörige, ihm

folgen  
eisen  
krum  
in d  
gegan  
lich  
punk  
linige  
E  
Samu  
sehen  
dem  
chen  
well,  
hinein  
gerad  
da m  
gleich  
die P  
gleich  
wom  
der C  
D  
deln,  
ten A  
Die I  
mehr  
lasgru  
zusam  
stätt  
gehör  
nirge  
in de  
eine  
zu fa  
der I  
Pag



folgende isabellfarbige Bandeisen und das dunkelgraue Füll-eisen kommen kaum zum Vorschein, als sie auch schon die krummlinige Bildung der Pallasgruppe verlassen haben und in die geradlinige der Gruppe der Widmannstätten übergegangen sind. Dies kann nur durch eine Zeichnung deutlich werden, die hier in Fig. 7 Taf. II gegeben ist. Die punktierten Stellen bezeichnen Olivin, die schraffirten krummliniges Balkeneisen, die Stäbe geradliniges.

Ein schönes Exemplar hiervon liegt in der Universitäts-Sammlung zu Berlin. Der Meteorit erhält dadurch das Ansehen, als wären in die Zwischenräume der Olivine, nachdem sie vorerst mit Balkeneisen überkleidet worden, Stückchen von den zartesten Widmannstätten, etwa von Tazewell, Putnam, Löwenflufs oder Charlotte, mosaikartig mitten hineingesetzt worden. Wir finden hier krummliniges und geradliniges Balkeneisen in Einem Meteoriten vereinigt; und da mehr oder minder deutliche Spuren hiervon in allen gleichartigen Meteoriten sich vorfinden, so ergibt sich, dafs die Pallasgruppe die Trias in zweierlei Bildungszustand zugleich enthält, in der krummlinigen und in der geradlinigen, womit sofort eine vollständige Combination des Eisens beider Gruppen vermittelt und vollzogen ist.

Da wir jedoch hier vorerst nur vom Balkeneisen handeln, so darf ich mich nicht entfernen von der obengestellten Anfrage an die Meteoritengruppe der Widmannstätten. Die Beantwortung fällt nach dieser Auseinandersetzung nunmehr dahin aus, dafs die gekrümmten Balkeneisen der Pallasgruppe durch Vermittlung der Steinbacherschei-nung ganz zusammenfallen mit den geraden Balkeneisen der Widmannstättengruppe; dafs sie beide in gleicher Weise zur Trias gehören, und dafs der ganze Unterschied zwischen ihnen nirgends in der Substanz, sondern nur in der Form liegt, in der Lagerungsanordnung, welche auf eine gegebene oder eine fehlende Unterlage sich bezieht. Um es in Ein Wort zu fassen: *das krummlinige und das geradlinige Balkeneisen der Meteoriten ist nicht verschieden, sondern einerlei.*

Könnte über die Richtigkeit dieses Schlusses noch ein Zweifel entstehen, so würde er sicherlich durch die folgenden weitem Beobachtungen sich heben. Wir haben Eisenmeteoriten von schöner reiner Ausbildung, in denen die Entwicklung und vielmalige Wiederholung der Trias durch nichts gestört wird, wenigstens in Exemplaren nicht, die ich davon sah oder besitze, wie Löwenflufs, Charlotte, Putnam, Burlington, Sta. Rosa, Ruff, Durango, Caille. Wir haben aber andere, und sie sind bei weitem die Mehrzahl, in welchen diese schöne Ordnung bald da bald dort gestört, ja öfters so häufig unterbrochen wird, dafs die geätzte Metallfläche das Bild einer gänzlichen Verwirrung darbietet, in der man sich, mit der Trias als Norm im Bewußtsein, nicht mehr zurechtzufinden vermag. Sucht man sich unter den Eisenmeteoriten Fälle aus, wo die Ordnung der Trias die Oberhand hat, und nur vereinzelte Störungen darin sichtbar werden, so wird man den Schlüssel zu den Erscheinungen des krummlinigen und geradlinigen lichtgrauen Balkeneisens unschwer finden. Beispiele solcher Vorkommnisse geben *Lenarto*, *Carthago*, *Elbogen*, *Schwetzs*, *Madoc*, *Misteca*, *Ashville* u. s. w. Betrachtet man sorgfältig irgend einen kleinen Einschlufs von Magnetkies, von Graphit oder sonst einer der Trias fremden Substanz in letztern Meteoriten, so wird man fast immer finden, dafs er nicht unmittelbar in die geordneten drei Eisenarten eingebettet ist, sondern dafs er zunächst umfungen wird von einer unregelmäfsigen Hülle eines Eisens, das nicht an die Ordnung der Trias sich kehrt, in der es gleichwohl inne liegt. So findet man es bei rundlichen Einschlüssen in *Ocotitlan*, *Madoc*, *Ashville*, bei eckigen in *Xiquipilko*, bei zerschlitzten in *Bata*, bei kegelförmigen in *Ashville*; dieses Hülleisen nimmt alle Gestalten an, die ihm die Gestalt des eingeschlossenen Körpers vorschreibt. In *Lenarto* finde ich sogar bis  $1\frac{1}{2}$  Zoll lange papierdicke Blätter von Schwefeleisen eingeschlossen, die querfeldein die Trias nach allen Richtungen durchsetzen: sie sind alle entlang beiderseits von lichtgrauem Eisen schmal begleitet. Und prüft man diesen beständigen Be-

gleiter so genau, als es der heutige beschränkte Zustand unserer meteoritologischen Kenntnisse zulässt, so findet man ihn lichtgrau, von der Säure schraffirt, wechselluchtend mit dem Balkeneisen, von isabellfarbigem Bandeisen eingesäumt, nach allen Merkmalen nicht zu unterscheiden von dem übrigen Balkeneisen und sichtlich mit demselben identisch. Das lichtgraue Balkeneisen also ist es, welches überall gegen die Außenseite gekehrt, sich zunächst und zuerst an die fremden Körper, namentlich an die steinigen anlegt, sie umfaßt und den Vermittler macht zwischen ihnen und der geordneten Trias, mit der es selbst einen Bestandtheil theilt. Die Unregelmäßigkeit, welche man in den Aetzbildern der Widmannstätten findet, sind also nicht durch innere Unregelmäßigkeit der Entwicklung und Krystallisation verursacht, welche sich den Eisenmassen während ihrer Bildung beigesellten, sozusagen darin hineinfielen; sie wurden zunächst von Balkeneisensubstanz ergriffen, das sich ihnen aufkrystallisirte, sie überzog und so durch seine Dazwischenkunft die Störung auszugleichen bestrebt war, die ein hinzugekommener fremdartiger Körper der regelmäßigen Gestaltung in den Weg legte.

Und nun wird man begreifen, was es, im Rückblicke auf das krummlinige, wulstige Balkeneisen der Pallasgruppe für eine Bewandniß mit seinen Formen hat. Ihre Bildung erklärt sich nun vollkommen durch die letzten Beobachtungen. Während in der Gruppe der Widmannstätten die hinzugefallenen steinigen Körper vereinzelt in geringer Anzahl vorhanden sind und nur wie zufällig erscheinen, sind sie in der Pallasgruppe in großer Anzahl gegenwärtig, ja sie machen in Form von Olivinen den Hauptbestandtheil aus. Die Substanz des Balkeneisens, ursprünglich im Zustande freier Atome befindlich, von späterem Herkommen als der Olivin, krystallisirte auf die steinige unförmliche Substanz und bildete krummlinige wulstige Ablagerungen. In dem engen Raume zwischen den Olivinen bequemten sich die beiden andern Glieder der Trias dem Balkeneisen an, und wir haben sie fortifikationsartig ausgestaltet in Ata-

kama, Pallas, Brabin. Sobald zwischen den Olivinen etwas mehr Raum gestattet war, so traten schon geradlinige Bildungen sporadisch mit auf. So finden wir in genannten Meteoriten auf den meisten etwas größeren Eisenflecken bereits geradliniges Balkeneisen mit Zubehör in kleinen Partikeln zum Vorschein kommen, gleichsam erste Versuche zum Aufkeimen und zur Weiterbildung der Trias. Die Zeichnung Fig. 8 Taf. II wird dies ersichtlich machen.

Ist aber noch mehr Raum zwischen der steinigen Substanz, den Olivinen, zugestanden, und ist gleichzeitig die Tendenz zur Ausprägung der Gestalten im kleinsten Maassstabe gegeben, dann tritt das krummlinige Gepräge mehr zurück und in den Vordergrund gelangt die ungestörte geradlinige Entwicklung der Trias. Dies ist genau der Fall in *Steinbach*, einem der lehrreichsten und edelsten Meteoriten, den wir besitzen. Er stellt sich zunächst Bitburg, genau in die Mitte zwischen krummlinig wulstiges und geradliniges Balkeneisen, die er beide neben einander in sich vereinigt und unvermengt verkuppelt, und insofern für die Erklärung der Erscheinungen, auf die er ein helles Licht wirft, unschätzbar. Und nun folgt die große Phalanx der regelmässigen Widmannstättengruppe.

Gehen wir in diesen Untersuchungen einen Schritt weiter und zwar zu *Eisenmeteoriten ganz ohne alle Widmannstättchen*. Da kommen wir unter andern zu dem berühmten *Hauptmannsdorf* (Braunau), an dem sich schon so viele Federn stumpf geschrieben haben. Man betrachtete ihn als einen seltsamen Ausnahmsmeteoriten. Dies ist aber auf keine Weise der Fall und er stellt sich sehr schön in die Reihe, wenn man vergleichende Prüfungen mit ihm vornimmt. Schleift, polirt und ätzt man ihn mit sehr schwacher Salpetersäure, so kommen keinerlei Figuren nach Art der soeben beschriebenen Meteoriten zum Vorschein, wohl aber zahllose feine gerade parallele Linien, die über die ganze Ätzfläche sich verbreiten, der großen Mehrzahl nach unter ziemlich spitzen Winkeln sich schneiden und in ununterbrochener Fortsetzung das ganze Eisenstück durchlau-

fen. Prüft man die Aetzfläche in allen ihren Theilen sehr aufmerksam, so findet man darauf hier und da sehr kleine Insulchen und nimmt man diese unter das Suchglas, so gewahrt man an ihrem äussern Umfange eine Einfassung von dem oben bezeichneten isabellfarbigen Bandeisen, und in dessen Mitte ein Fleckchen von grauem Fülleisen. — Nun, wo finden wir uns also hier wieder? Offenbar nirgends anders, als bei der Regel, die wir ganz ebenso in der Pallasgruppe und in den Widmannstätten wahrgenommen haben. Hier ist das dritte Glied, das lichtgraue Balkeneisen, über die Maassen überwiegend geworden, so dass es in seiner Ausdehnung fast den ganzen Meteoriten ausmacht, während beide andere Glieder der Trias bis an das Verschwinden zurücktreten. Hauptmannsdorf ist also keine Ausnahms-Erscheinung, von der grossen Regel der Meteoritenbildung; es folgt ihr so genau wie jede andere meteorische Eisenmasse; es weicht nur im relativen Grössenverhältnisse der Gemengtheile ab, und in ihm ist das Balkeneisen übermächtig vorwaltend geworden, so dass man für den ersten Anblick verleitet ist, es als ausschliesslich daraus bestehend anzusehen.

Die Linien, welche es so schön geradlinig durchziehen, werden nun für sich klar; es sind *dieselben Linien*, welche in der Pallasgruppe und in den Widmannstätten das lichtgraue Balkeneisen, in gleichem Parallelismus und mit demselben Schimmer durchziehen und die ich dort mit Schraffirungen, mit Feilenhieben verglichen habe.

Diese Linien entstehen dadurch, dass die Säure zwischen je zweien derselben einen Zustand vorfindet, in welchem ihr Angriff weniger Widerstand findet. Wir wissen, wie zwischen je zwei und drei Körpern, die sich einander berühren, voltaische Differenzirungen stattfinden und diese sind hinreichend, dem Einen von ihnen, in abgeänderter elektrischer Spannung von dem andern, entweder grössern Widerstand oder grössere Verwandtschaft zur Säure zu geben. Die Säure greift also zunächst da an, wo sie den geringsten Widerstand findet und das ist hier, weil sie ne-

gativ ist, an den in relativ positiver Spannung befindlichen Lamellen der Aetzfläche. Dadurch entsteht ein kanelirter oder gefurchter äußerer Zustand derselben; die minder angegriffenen Lamellen treten nun als feine, schimmernde und beziehungsweise schillernde Linien über die Oberfläche und werden sichtbar. Geht man sehr vorsichtig zu Werke, so kann man bisweilen deutlich erhobene Plättchen herauspräpariren, die über die Oberfläche wie zarteste Lamellen schief hervorstehen.

*Bricht man Stücke von Hauptmannsdorf gewaltsam auseinander, so entsteht keine unregelmäßig unebene Bruchfläche, sondern es treten Theilungsflächen nach der Richtung des Blätterdurchganges zu Tage, und zwar durchaus in der geringsten Anzahl, also im tesserale System und begränzen rechtwinklige Hexaëder. Ueberall, wo man ihn zerreißt, trennen sich die Theile dieses Meteoriten nach den Formen des Würfels. Man kann mit der Theilung ihn folgen und bekommt dann regelmäßige Kuben mit metallischglänzenden Flächen als Theilungsgestalten.*

Hr. Haidinger<sup>1)</sup> hat den ganzen Hauptmannsdorf nach diesen Verhältnissen, scheinbar ein einziges Krystall-individuum, genannt und die Merkwürdigkeit hervorgehoben, daß hier homogenes Eisen sich theilbar zeigt mit vollkommenen Theilungsflächen, parallel den drei Richtungen des Würfels fast so willig als Bleiglanz. — Indessen ganz so einfach ist die Struktur des Hauptmannsdorfer Eisens doch nicht. Hr. J. G. Neumann hat in den naturwissenschaftlichen Abhandlungen, red. v. Haidinger, Bd. 3 S. 45 eine sehr umsichtige und gründliche Auseinandersetzung der krystallographischen Verhältnisse des Hauptmannsdorfer Eisens geliefert. In dieser vortrefflichen Arbeit wird das Gefüge desselben fast erschöpfend behandelt. Der Verfasser kommt zu dem Schlusse, daß dieser Meteorit eine mehrfache Zwillingbildung ausmache, wovon der größte Theil aus zwei Hexaëdern bestehe; daß diese aber, stellenweise frei, auch nach den andern trigonalen Axen in Zwillingen-

1) Haidinger's Mith. von Freunden der Naturw. Bd. 3, S. 303.

bildungen eingehen. Er meint die Schichten dieser Krystalle könnten durch ungleichen Nickelgehalt verschieden, dadurch die Haltbarkeit durch deren verschiedenen Grad von Cohäsion bedingt seyn und drückt die Vermuthung aus, daß ähnliche Krystallbildung auch in andern Eisenmeteoriten stattfinden möchte, worin er auch vollkommen Recht haben wird.

Noch einen schönen hiehergehörigen Meteoriten besitzen wir an *Claiborne*. (Die eine Hälfte davon befindet sich im britischen Museum, die andere, etwa ein Centner schwer, fast in Halbkugelgestalt, ist in meiner Sammlung; wenige kleinere Exemplare sind in zerstreuten Händen). Dieses in seiner Art sehr eigenthümlich zusammengesetzte Meteor-eisen ist auf den ersten Blick ganz ohne Widmannstätten. Es bietet auf polirten und geätzten Flächen eine wirre Zeichnung von eingesprengten Körnern, Strichen, trüben und schimmernden Flecken und glänzenden Punkten dar, in denen sich zurecht zu finden vorerst kaum möglich scheint. Aber in den zartesten großen Zügen geht durch das Ganze ein Hauch von feinsten geraden parallelen Linien hindurch, ganz und gar ähnlich denen von Hauptmannsdorf, das gesamte Eisen durchsetzend und unter spitzen Winkeln durchkreuzt von andern geraden, auch wieder unter sich parallelen Linien. Die ganze Erscheinung ist hier noch zarter ausgeprägt als dort, und dennoch giebt es Stellen am Rande, wo sich das Eisen in der Richtung solcher Linien abblättert und dort den Meteoriten mit Widmannstätten wieder nahe rückt. Und auch hier findet man zerstreute kleine Inseln, die mit feinem Bandeisen umfassen winzige Fleckchen von grauem Fülleisen einschließen. Wiederum also haben wir einen Meteoriten, der nur Ein Krystallindividuum ausmacht und der in seiner Masse weit aus nur aus Balkeneisen besteht.

So sehen wir, daß auch *Eisenmeteoriten ohne Widmannstätten nicht nur nicht ohne Balkeneisen sind, sondern daß sie fast ihrer ganzen Masse nach daraus bestehen, soweit*



wir diefs aus den bis jetzt vorhandenen Meteoriten bis heute beurtheilen können.

Von den grossen Eisenmassen wenden wir uns jetzt zu den kleinen, zu denjenigen nämlich, welche wir in den *Steinmeteoriten* vorfinden, deren Masse weniger aus Eisen, dagegen überwiegend aus Stein besteht. Vielmals habe ich gezeigt, dafs die Eisenmeteoriten und Steinmeteoriten nicht zwei, sondern nur Eine Reihe von Naturgebilden ausmachen, unter sich übereinstimmend in allen hier in Betracht kommenden naturhistorischen Eigenschaften, verschieden nur dem Grade derselben nach. Demgemäfs enthalten auch die Steinmeteoriten in abnehmender Menge Eisenantheile, und dem vorangestellten Principe gemäfs ist man zu der Erwartung berechtigt, auch in diesen Verschiedenheiten vorzufinden, wie sie die Eisenmeteoriten uns bis hieher gezeigt haben. In dieser Richtung habe ich viele umständliche Untersuchungen angestellt. Zuerst habe ich ein gröfseres Eisenkorn, das ich aus dem Steinmeteoriten von *Blansko* heraussonderte, und das ungefähr einer Linse an Gröfse gleichkömmt, angeschliffen, polirt und geätzt. Sogleich kam eine Eisenart zum Vorschein, welche lichtgrau, starke gekreuzte Schraffirungen annehmend und die vorwaltende Menge ausmachend, sich nach allen Merkmalen als das zu erkennen gab, was wir hier verhandeln, als die lichtgraue stabartige Eisenart der Eisenmeteoriten. In dasselbe eingelagert waren, ebenso wie in den Widmannstätten, andere Eisenverbindungen, von welchen wir in Bälde ihres Orts reden werden. — Auf *Hainholz* fand ich nach dem Ätzen kleiner Knöllchen mit dem Suchglase sehr deutlich die verschiedenen Elemente der Widmannstätten, wie diefs zum Theil auch schon Hr. Wöhler bemerkt hatte<sup>1)</sup>. Das lichtgraue schraffirte Balkeneisen nahm auch hier den meisten Raum ein. Es war auf den gröfsern Körnern so deutlich ausgebildet, dafs man es mit blofsem Auge wechselleuchten sah. Ich habe in der zweiten dieser Abhandlungen<sup>2)</sup> gezeigt, dafs

1) Diese Ann. Bd. 100, S. 343.

2) Diese Ann. Bd. 102, S. 618.



in *Hainholz* eigenthümliche Eisenkugeln als Meteoriten im Meteoriten vorkommen, ich habe diese besonders untersucht. Angeschliffen und geätzt enthielten auch sie die Bestandtheile der Widmannstätten, und vor allem vorwaltend das lichtgraue schraffierte, wechselluchtende Balkeneisen, wie es in den Widmannstätten stabartige Ausdehnung hat. — Ein drittes Eisenkorn richtete ich aus *l'Aigle* zurecht; es war etwas kleiner als das Korn von *Blansko*, und mit den übrigen Eisenpartikeln dieses Steines gleichartig. Beim Ätzen entblößte sich, wie bei beiden Vorangehenden, hauptsächlich das lichtgraue schraffierte balkenartig vorkommende Eisen. — Zwei Körner fand ich auf *Piney* (*Little Piney*), die sich poliren und ätzen ließen; sie zeigten sich unter dem Suchglase ebenso mit schraffirtem Balkeneisen vorwaltend besetzt, wie Körnchen in *Siena*, dann in *Timochin*, in *Chantonay*, in *Seras* und in *Barbotan*, endlich die feinen Eisenstricke von *Wesely* und *Erzleben*. Alle diese Meteoriten zeigten in ihren etwas stärkern Eisentheilen entweder alle Elemente der Widmannstätten, oder nur einige, darunter vor allem das lichtgraue schraffierte Balkeneisen, oder, wenn die Partikeln sehr klein waren, wie in *Timochin* und *Erzleben*, fast ausschließlich nur dieses.

Endlich überfuhr ich noch die ganze polirte Fläche eisenhaltiger Steinmeteoriten mit verdünnter Säure. Ich suchte die eisenreichern heraus, darunter namentlich *Hainholz*, der über die Hälfte aus Eisen besteht, und dessen Oberfläche nach der Politur über und über von geglätteten Eisenkörnchen blinkt. Ich will von ihm hier im Namen aller übrigen reden. Die Säure hatte wieder die Wirkung, allen diesen kleinen Eisenflecken sogleich ihren Glanz zu rauben, sie lichtgrau zu machen, Schraffirung auf ihnen allen hervorzurufen, und Wechselluchten auf ihnen zu erzeugen. Diefs ist nicht so zu verstehen, als ob das Changiren innerhalb der angeätzten Eisenkörnchen stattgefunden hätte, wie bei größern Eisenmassen; sondern es fand diefs von den ganzen Körnchen gegeneinander und untereinander statt, je nachdem man die Steinfläche gegen das Licht drehte, tra-

ten dutzende von Eisenflecken in Wiederschein, andere dutzende und hundert verloren ihn und wurden dunkel, ähnlich dem Avanturin oder dem bekannten Moiré und so fort und fort, wie man die Fläche anders gegen das Licht stellte. Offenbar waren dies lauter entblößte kleine Flächen von lichtgrauem Balkeneisen, und wir sind berechtigt, da wo das Eisen in den Steinmeteoriten in gewöhnlicher Vertheilung und Zerstreuung vorkömmt, mit Ausnahme dickerer Eisenknöllchen, es so gut wie gänzlich als Balkeneisen zu betrachten. Es liegt darin eine neue Bestätigung des oben der Erfahrung entnommenen Satzes, daß das Balkeneisen überall die erste Auflagerung auf steinige Meteoritensubstanz macht; in den Steinmeteoriten beherrscht es gänzlich den engen wenigen Raum, der ihm zu seinem Antheile geblieben.

Wir haben nun in Vorstehendem gefunden, daß sich befindet:

- in der Pallasgruppe lichtgraues krummschaaliges knolliges . . . . . Balkeneisen;
- in Steinbach lichtgraues krummschaaliges . . . . . knolliges . . . . . Balkeneisen;
- und daneben lichtgraues geradliniges Balkeneisen;
- in der Widmannstättengruppe lichtgraues . . . . . geradliniges . . . . . Balkeneisen;
- bei Cosby und Seeläsgen lichtgraues . . . . . knotiges . . . . . Balkeneisen;
- in den unter Störungen ausgebildeten Widmannstätten alle zufälligen Einschlüsse . . . . . umhüllendes krummliniges . . . . . Balkeneisen;
- in Hauptmannsdorf und Clairborne feine . . . . . Massen von geradlinigem . . . . . Balkeneisen;
- in den Eisenknollen der Steinmeteoriten . . . . . unregelmäßig gedrängtes . . . . . Balkeneisen;
- in dem zerstreuten sämmtlichen Eisen der Steinmeteoriten unbestimmbare gestaltetes . . . . . lichtgraues . . . . . Balkeneisen;
- und somit langten wir bei dem allgemeinen Ergebnisse an,

dafs das metallische Eisen aller Meteoriten ohne Ausnahme, seyen es Stein- oder Eisenmeteoriten, zum gröfseren Theile aus dem lichtgrauen Balkeneisen besteht, das eine vorragende Stelle in dem Bestande der Meteoriten einnimmt.

Ich habe mich, wie man sieht, des Ausdrucks Balkeneisen bedient, sozusagen für meinen Hausgebrauch; man kann ihn fallen lassen, wenn er nicht tauglich gefunden werden sollte. Für den allgemeinen wissenschaftlichen Gebrauch schlage ich das Wort »Kamacit« vor, abgeleitet von *καμάξ*, Stange, Stab, Pfahl.

Die Art, wie das Balkeneisen in vielen, vielleicht in allen Fällen vorkommt, zeigt noch manches Bemerkenswerthe. Wo zwei Stäbe sich begegnen, gehen sie nicht in einander über, sondern sie stören einander auf der Kreuzungsstelle. Jeder behauptet seine Selbstständigkeit und dadurch entsteht eine Art von Conflict, indem beide in ihrer Entwicklung sich zum gegenseitigen Hindernisse werden. Das erste ist, dafs der Stab, der auf der längern Seite getroffen wird, sich etwas einbuchtet und auf der Berührungsstelle ein wenig schmüler wird, sowie wenn er einem Drucke da nachgeben würde. Der andere Stab, der mit der kurzen Seite auf jenen andringt, sozusagen mit dem Kopfe ihn in die Seite stöfst, ändert ebenfalls auf der Berührungsstelle seine Gestalt, er zieht sich von den Seiten zusammen und endigt stumpf, ja abgerundet. Viele Stäbe oder Stangen von Balkeneisen (Kamacit) sieht man auf solche Weise abgebrochen. Auf der Stelle des Zusammenstosses ist dann gewöhnlich Bandeseisen sehr fein interponirt, was in *Lenarto* gut sichtbar wird. Nicht wenige, ja wohl die gröfsere Anzahl, endigt jedoch hiebei nicht, sondern sie setzen fort und kommen jenseits des angefahrenen Stabes wieder zum Vorscheine, und zwar in gleicher Weise aus einer Einbuchtung des Letzteren stumpf hervortretend. Das wiederholt sich mit einem und demselben Querstabe oft viele Male gegen zahlreiche Längenstäbe, denen er begegnet. Das Ganze bekommt dadurch gewöhnlich eine Art von wurstartigem An-

sehen. Die Skizze Fig. 9 Taf. II wird dieß in vergrößertem Maasstabe deutlich machen.

Diese Fälle bieten sich zahlreich dar in *Agram, Lenarto, Madoc, Texas, Lokport, Tula, Burlington, Bemdego, Elbogen, Sta. Rosa, Haxuquilla, Guildfort, Charlotte, Schwetz, Misteca, Carthago, Ruff, Bohumiliz, Orangefluss, Tejupilco, Seneca, Durango, Nebraska* und vielen andern. Ob nun diese Unterbrechung eine wirkliche und gänzliche sey, und der Querstab vollständig abgerissen, hinter dem Längenstab aufs Neue beginne; oder aber, ob die Trennung nur eine scheinbare, bloß in den Schnitt fallende sey, und ein Zusammenhang über oder unter der Schnittfläche stattfinde, daß also der Querstab wie der Längenstab, jeder in Continuität, seinen Weg fortsetze, also nur theilweise Unterbrechung beider auf der Kreuzungsstelle stattfinde, ähnlich verzinkten Holzbrettern, dieß zu beantworten, stehen mir nicht genug Beobachtungen zu Gebote, und die Frage wird so lange unentschieden bleiben müssen, bis es gelingt, einen Eisenmeteoriten in seine mechanischen Bestandtheile zu zerlegen. Dieß wird wohl auch einmal geschehen. Den Anfang dazu haben wir an *Cosby*, das theilweise in Bröckeln zerfallen ist, dann an *Sevier* und *Ashville*, die auseinander gehen, endlich sehr schön an einem Stück von *Caille*, das im kais. Kabinet in Wien liegt und das Gelegenheit zu interessanten Studien bietet, die noch nicht daran gemacht sind.

Wir haben gesehen, daß die *Richtung* des Balkeneisens entweder durchweg gekrümmt ist, wie in der Pallasgruppe, oder daß sie vollkommen gerade sich erstreckt, wie in *Putnam, Löwenfluss, Tazewell* und einigen andern. Zwischen diesen beiden Aeußersten liegt aber eine lange Reihe von Zwischengliedern, deren Stäbe, in der Hauptsache gerade gerichtet, doch auf ihren Oberflächen keine reine Ebenen bilden, sondern mehr oder minder wellig, mitunter fast knotig ausgeführt sind. Beispiele in zunehmend wulstigerer Form sind *Lokport, Sta. Rosa, Burlington, Bohumiliz, Bemdego, Tula, Blackmountains, Bruce, Cosby, Seelägen*. In

dem Ersteren sieht man auf einem geätzten Schnitte die Conturen der Balken deutlich von der geraden Linie abweichen und ungleichförmig wellig werden, während der ganze Balken seiner Hauptrichtung nach doch in gerader Linie verläuft. Die mittlern Glieder werden schon unruhig und wankend. Die beiden letzten Glieder, besonders aber Seelägen verlieren beinahe die Haltung, ihre Balken werden wulstig, ja knotig und kaum vermag man ihrer Richtung mit schwankender Zuversicht zu folgen. In den Fällen aber, wo Balkeneisen sich um unbestimmte Körper windet, welche in die Widmannstätten zufällig hineingerathen sind, ist nicht nur die untere Fläche an die Oberfläche des überlagerten Körpers gebunden, sondern auch die obere, äußere Fläche erscheint ganz regellos wulstig und buchtig, anscheinend selbst von der Gestalt des Einschlufskörpers gänzlich emancipirt. Will man einen Meteoriten sehen, in welchem sowohl diese wulstige Erscheinung als auch die Auflagerung des Balkeneisen besonders schön entwickelt ist, so muß man sich an *Zacatecas* wenden. Da sieht man die reichlich eingelagerten Magnetkiese allenthalben in Balkeneisen rundum eingehüllt, nach allen Richtungen eingelagert, und die äußere vom Kiese abgekehrte Oberfläche des Balkeneisens in allen möglichen Wulsten und Ausbuchtungen sich ausgestalten. Ein großes Stück von *Zacatecas* von etwa 12 Pfund in meiner Sammlung, das ich nach drei Richtungen in fünf Theile zerschneiden ließ, habe ich in verschiedener Stärke angeätzt und betrachtete die gewonnenen Figuren als ein Vorbild von wohlentwickelten Balkeneisengestalten in genannten beiden Richtungen.

Wenn man das Balkeneisen, — den *Kamacit* — unter das Mikroskop oder auch nur unter die Lupe nimmt, ja manchmal nur mit einem guten Auge scharf betrachtet, so verräth es, nächst den feinen Linien seines Blätterdurchganges, noch eine andere verborgene Bildungsform, die mit jener beinahe im Widerspruche zu stehen scheint. Es treten auf seiner geätzten Oberfläche eine Menge zartester kurzer Linien auf, die nach allen Richtungen die Schraffirung

durchsetzen und sich zu einem Netzwerk verbinden, das dem Zellgewebe einer Pflanzenmembran oder des Blattparenchyms nicht gar unähnlich aussieht. Die kleinen Räume, welche diese Linien einschließen, sind unter sich ungleicher von Gröfse und unregelmäßiger von Form als die Pflanzenzellen, sonst aber kommen sie ihnen im Ansehen ziemlich nahe. Diese Linien entsprechen äußerst feinen Absonderungsspalten, welche in das Balkeneisen hineingehen und dasselbe in unzählig viele Partikelchen abtheilen. Der gesammte Kamacit verräth sich dadurch als ein Aggregat von zahllosen kleinen Körperchen oder Eisenkörnchen, die, könnte man sie von einander losmachen, ihn in einen feinen körnigen Sand auflösen würden. Die Zeichnung Fig. 10 Taf. II wird diefs in Vergröfserung verständlich machen.

Die Körnchen sind von der Gröfse eines Vanillekörnchens bis zu der des Mohnsamens, manche auch noch etwas gröfser. Sie sind vieleckig, ohne dafs den Polyedern eine bestimmte Form zukäme. Sie stören die Richtung der Schraffirungslinien nicht immer, sondern diese setzen in vielen Fällen ungestört über sie hinweg von einem Korne auf das andere in ungebeugter gerader Linie; diefs sieht man sehr deutlich in vielen Exemplaren von *Cosby*, dann in *Brahin*, *Pallas*, *Sarepta*, *Sevier*, *Xiquipilco*, *Atacama*, *Seneca*. In andern Fällen, besonders wenn die Körnchen etwas grofs sind, zeigt jedes einzelne seine eigene und eigens gerichtete Schraffirung, so dafs die ganze Eisenfläche vollkommen das wechselluchtende Ansehen des Moiré in kleinem Maafsstabe erhält. Beispiele hiervon geben am schönsten ausgesprochen *Ruff* und *Seneca*, in welchen das Moiré mit den Körnchen zusammenfällt; ihnen folgen, minder klar ausgebildet, *Lokport*, *Burlington* u. m. a. — Inmitten dieser beiderlei Gebilde liegen einige, bei denen ich es unentschieden lassen mußte, ob die Kamacitkörnchen der allgemeinen Schraffirung angehören oder ob sie einzeln mit selbstständigen Linien derselben versehen sind, dergleichen sind *Madoc*, *Agram*, *Texas*.

Am genauesten verfolgt habe ich diese Körnung des Bal-

*keneisen* in *Cosby*. Stücke dieses Eisenmeteoriten sind so sehr in ihrer ganzen Masse gelockert und durchklüftet, daß sie, wenn man nur schwache Hammerschläge darauf fallen läßt, in eine Art von Eisengrus zerfallen, der aus vieleckigen Bröckeln und Körnern besteht, alle mit einem dünnen Anfluge von Eisenoxydul überzogen. Solcher Grus ist reichlich aus *Cocke County* nach Europa herübergekommen und auch mir eine gute Menge davon zu Theil geworden. Er verdankt seine Entstehung augenscheinlich der Zerklüftung, die mit seiner feinen körnigen Vertheilung verbunden ist; denn wenn man einzelne Bröckchen weiter nur auf einer hölzernen Unterlage anschlägt, so zerfallen viele davon, ohne Anwendung von Gewalt, in weitere kleinere Theile, und wenn man geschickt weiter so fortführe, möchte es wohl gelingen, das Balkeneisen ganz in seine letzten Individuen von Körnchen aufzulösen.

Von diesem Gruse nun habe ich viele einzelne Körner ausgelesen und sie nach allen Richtungen und unter mancherlei Abänderungen angeschliffen, polirt und geätzt. Ueberall erhielt ich Schraffirung des Blätterdurchganges, und das Netz der Absonderungslinien der Körnung. Hier zeigte sich dieß so deutlich, daß ich es in den meisten Fällen mit freiem Auge wahrnehmen konnte. Die Erscheinung war aber nach allen Seiten immer dieselbe; möchte ich die Körnchen, wo sie sichtlich aus Balkenfragmenten bestanden, von oben, von den Seiten, oder (rücksichtlich) von unten schleifen und ätzen, immer erhielt ich Schraffirung über die ganze Schlifffläche und diese landkartenartig in eine Menge Felder durch Trennungslinien untertheilt. Daraus folgt, daß die Körnchen von allen Seiten gleiche Beschaffenheit haben, keine vorzugsweise Längenrichtung besitzen, und demnach in aller That wirkliche Körnchen sind. Ihr Zusammenhang unter einander muß bei *Cosby* im Verhältnisse zu andern Meteoriten vorzugsweise schwach seyn, und daher rührt der theilweise lockere Zusammenhang dieser Eisenmasse, die ohnehin fast ganz aus Balkeneisen besteht. Nur Eine Lokalität wüßte ich in dieser Eigenschaft ihm noch zur Seite



zu setzen, und dieß ist sein Nachbar *Sevier*. Auch dieser zerbröckelt sich gerne, und seine Landsleute in Amerika haben deswegen mehrfältig die Meinung ausgesprochen, daß *Cosby* und *Sevier* Theilstücke eines und desselben Meteors seyn müssen; dieß ist aber ganz irrig, diese beiden Meteoriten sind mechanisch und chemisch grundverschieden, was ich bei einer spätern Gelegenheit genau darthun werde.

In wie weit diese Beschaffenheit körniger Struktur durch die ganze Erscheinung aller Meteoriten, die metallisches Eisen enthalten, hindurchlaufe, getraue ich mir vordersamst nicht zu beurtheilen. Am deutlichsten ist sie in *Cosby* ausgesprochen und deswegen habe ich sie auch hier am emsigsten verfolgt. Sie nimmt in den andern Gliedern an Deutlichkeit ab, so in *Bata*, *Schwetz*, *Orangeßufs*; ja an einem und demselben Meteoriten ist sie bisweilen auf einer Seite deutlicher ausgeprägt als auf der andern, z. B. in *Nelson*; allmählich wird sie in der Reihe schwach und am Ende gar nicht mehr sichtbar. Solche, in denen ich keine Körnertheilung wahrzunehmen vermochte, sind *Arwa*, *Hauptmannsdorf*, *Claiborne*, *Bemdego*, *Nebraska*, *Charlotte*, *Bohumilis*, *Seeläsgen*, *Tula*, *Putnam*, *Bruce*, *Sta. Rosa*, *Caryfort*, *Durango*, *Carthago*; doch weiß ich nicht mit Sicherheit, verschwinden die Theilungslinien der Körnchen nur dem Auge, also scheinbar, oder verschwinden sie in der Wirklichkeit. Ich bin sehr versucht zu vermuthen, daß alles Balkeneisen auf solche Weise feinkörnig zusammengesetzt ist, weil es sich zeigt, daß innere tiefliegende Grundgesetze überall durch die ganze Meteoritenwelt gleichmäfsig hindurchgehen, und daß wahrscheinlich die Trennungslinien so zart werden, daß ich sie mit den bisher angewandten Mitteln nicht mehr erreichen konnte. Ein anderer Forscher wird vielleicht die Lücke ausfüllen. — Das Schwierigste aber wird von dieser Seite immerhin bleiben, die Schraffirung, d. h. den Blätterdurchgang der großen Kamackitkristalle in genetischen Einklang zu bringen mit ihrer Feinkörnigkeit. Wären die Körner feiner als die Schraffirung, so wäre die Erklärung leicht und die Körner wären in den



Blättern enthalten, sie wären eine etwas eigenthümliche Unterabtheilung der Krystallblätter. Diefs ist aber nicht der Fall; die Schraffirungen sind im Gegentheil viel feiner als die Körnchen und über ein einzelnes Korn streichen oftmals zugleich 4 bis 6 Linien, und wohl noch mehr hinweg.

Die *chemische Beschaffenheit* des Balkeneisens aufzusuchen, wäre ein verdienstliches Geschäft. Es könnte sich herausstellen, dafs es, reingehalten, in allen Meteoriten eine und dieselbe Verbindung, überall die nämliche chemische Potenz wäre. Wenn sich diefs, wie nicht ganz unwahrscheinlich, als richtig ergäbe, so wären wir um einen grossen Schritt in der Meteoritenkunde vorwärts gerückt. Als ich den Eisengrus von Cosby durchmusterte, glaubte ich darin gute Gelegenheit gefunden zu haben, reinen Kamacit herauszulesen und ihn abgesondert analysiren zu können. Ich fing an ihn zu waschen und zu reinigen. Allein es stiefen mir so viele Verschiedenheiten unter diesen Körnern auf, dafs ich Bedenken tragen mufste, darunter Balkeneisen zu erkennen, das zur Analyse unverdächtig und rein genug gewesen wäre. Und so bleibt die wichtige Frage von der chemischen Constitution dieses nähern Bestandtheils der Meteoriten dahingestellt bis es gelungen seyn wird, reines Balkeneisen aus einigen Eisenmassen mechanisch herauszupräpariren und der Analyse zu unterwerfen. Wir haben es bis jetzt nur immer mit Schnitten und Flächen zu thun; zu den chemischen Arbeiten bedürfen wir körperliche Herstellung der nähern Bestandtheile des Meteoriten und diese fehlen uns noch grossentheils.

Im Rückblicke auf das Voranstehende können wir seinen Inhalt in die folgenden Sätze zusammenfassen:

- 1) Das Meteoreisen zerfällt mechanisch in mehrerlei metallische Eisenverbindungen, Nickel, Kobalt und andere Metalle enthaltend.
- 2) Durch Anlauf und durch Aetzung mit Säuren werden sie auf polirter Schnittfläche sichtbar.
- 3) Es fallen vorzugsweise drei von ihnen in die Augen,

und bilden, in einem gewissen Connexe stehend, eine Art von Trias.

4) Das vorwaltendste Glied in dieser ist ein lichtgranes Eisen, in stabartigen Krystallbildungen entwickelt, Balkeneisen oder Kamacit genannt. Auf dieß legt sich in der Auflagerungsfolge dünnes isabellfarbiges Baudeisen und über diesem erscheint das den übrigen Raum einnehmende Fülleisen. Aus diesen drei Gliedern besteht die Trias.

5) Das Balkeneisen (hier allein betrachtet), entwickelt bei der Aetzung Linien des parallelen geradlinigen Blätterdurchganges in Folge seiner krystallinischen Textur.

6) Die geätzten Metallflächen werden den Feilenhieben einer feinen Stahlfeile oder feinen Schraffirungen von Metallplatten ähnlich.

7) Sie erscheinen sich kreuzend in mehreren Systemen und wechselleuchten dann in verschiedenen Richtungen gegen das Licht.

8) Krystallindividuen, denen sie zugehören, sind bald durcheinander verflochten, bald zu Zwillingkrystallen ineinander verwachsen.

9) Das Balkeneisen (der Kamacit) ist in verschiedenen Meteoriten nach variablen Formen ausgeprägt.

A. Wo es eine Unterlage findet, auf welche es sich aufkrystallisiren kann, folgt es derselben und schmiegt sich ihr und allen ihren Winkeln an; auf der entgegengesetzten, der nach aufsen gekehrten, Fläche wird es dann wulstig und knollig.

B. Wo es keine Unterlage gefunden, sondern sich frei und ungehindert im Weltraume gebildet hat, da hat es sich zu geraden stangenartigen langen krystallinischen Körpern ausgestreckt, die schon in der Länge von einem Fusse bei Breite von einem Zolle und Dicke von 1 bis 2 Linien beobachtet worden sind. Sie sind dann fast immer mit den andern Eisenarten zur Trias verkoppelt und in vielfachen

Wiederholungen der letztern zu größern Massen vereint, wie z. B. in Bemdego zu einem Klumpen von 170 Centnern.

C. Wo der Raum ganz enge ist, sieht man das Balkeneisen allein erscheinen.

Der Fall A findet statt bei der gesammten Pallasgruppe, wo das Balkeneisen sich lediglich auf rundliche Olivine aufлагert, ihrer sphärischen Form bis in die Winkelspitzen folgt und sogenannte Fortifikationslinien bildet, überhaupt nach unregelmäßig krummen Linien ausgeführt ist. Er findet ferner statt, wo in Meteoriten von der Widmannstättengruppe zufällig fremde Körper sich eingelagert haben; auf sie hat sich Kamacit aufkrystallisirt und sie eingehüllt, zusammen sind sie sofort in die ganze Meteoreisenmasse eingewachsen.

Der Fall B findet statt in allen großen und kleinen Meteoriten der gesammten Gruppe der Widmannstätten. Theilweise tritt er in der Pallasgruppe auf, namentlich in Steinbach. Er findet sich aber auch in den eigenthümlichen Gebilden von Hauptmannsdorf und Claiborne, die fast ganz aus Kamacit bestehen.

Der Fall C tritt ein bei dem Eisenantheile aller Steinmeteoriten. Hier und da darin vorfindliche kleine Eisenknöllchen erweisen sich als der Trias unterworfen, so Blansko, Wenden, l'Aigle; aber der bei weitem größte Antheil des Metallinhalts der Steinmeteoriten besteht lediglich aus Balkeneisen.

10) Die Balken des Kamacits krenzen sich unter Winkeln, die dem Oktaëder entsprechen; wo sie aber auf einander treffen, vereinigen sie sich nicht, sondern sie biegen sich gegeneinander ein und nehmen damit häufig ein wurstförmiges Aussehen an.

11) Das Balkeneisen zeigt sich in vielen Meteoriten, und besitzt muthmaßlich in allen eine feine Untertheilung zum Körnigen. Fast mikroskopisch feine Linien und Schnittflächen durchziehen netzartig den ganzen Körper, ja einige beginnen schon in der Richtung dieser

Zertheilung sich zu lösen und in Eisengrus zu zerfallen.

(Auseinandersetzungen über die beiden andern Glieder der Trias folgen.)

## VI. Das Elektro-Galvanometer; vom Inspector Meyerstein in Göttingen.

Die mannichfachen Mißstände, welche dem mit astatischen Doppelnadeln experimentirenden Physiker sich entgegenstellen, haben schon seit Jahren das Bedürfnis fühlbar gemacht, entweder die noch immer von der Erfahrung abweichende Theorie dieses Instrumentes zu verbessern oder ihm ein anderes empfindliches Galvanometer zu substituiren.

Ueber ein solches neues Galvanometer, Elektro-Galvanometer genannt, ist vor Kurzem eine längere Mittheilung andern Orts <sup>1)</sup> von Hrn. Prof. Meissner und mir gemacht worden. Da jedoch fast gleichzeitig eine in diesen Annalen Bd. CXII, Stück I veröffentlichte Untersuchung von du Bois-Reymond, welche die große Complication der Theorie und somit die fast unüberwindlichen Schwierigkeiten der Darstellung hinlänglich empfindlicher astatischer Doppelnadeln in ein helles Licht stellt, die Leser der Annalen auf diesen Punkt aufmerksam gemacht hat, so veranlaßte mich dies, das Wesentlichste über das neue Galvanometer auch hier mitzutheilen.

Die Empfindlichkeit einer Nadel wird durch die Größe des Ablenkungswinkels  $Q$  gemessen, den ein bestimmter Strom hervorbringt; nun ist aber bekanntlich die Tangente des Ablenkungswinkels  $Q$  gleich dem Verhältnisse der galvanischen Directionskraft  $G$  zu der magnetischen Directionskraft  $D$ , also:

$$\frac{G}{D} = \tan Q.$$

1) Henle und Pfeufer, Zeitschrift 3. Reihe, Bd. 11.

Es muß daher, um  $\tan Q$  möglichst groß zu erhalten, die magnetische Directionskraft möglichst verkleinert werden. Bezeichnen wir mit  $m$  den Nadelmagnetismus und mit  $T$  den Erdmagnetismus, so ist

$$D = Tm.$$

Man kann also  $D$  auf zweifache Weise verkleinern:

- 1) Durch Verkleinerung des Nadelmagnetismus; dieses führt zu der bekannten Verbindung zweier möglichst gleicher Magnetnadeln, welche mit ihren entgegengesetzten Polen über einander liegen, also zu dem sogenannten Nobili'schen Multiplikator.
- 2) Durch Verkleinerung des Erdmagnetismus  $T$ , was sich durch einen dem Erdmagnetismus entgegenwirkenden Magnet erreichen läßt.

Diese letztere bis jetzt nur wenig berücksichtigte Methode, welche vor der ersteren, wie sich später ergibt, wesentliche Vortheile darbietet, wurde in der nachstehenden Weise zuerst von Hrn. Prof. Weber angewendet. Auf ihr beruht das hier zu beschreibende Instrument, welches Elektro-Galvanometer genannt werden mag, indem es sowohl zur Messung der Spannungs-Elektricität, als auch zur Messung der schwächsten galvanischen Ströme ein durchaus feines Mittel bietet.

#### Beschreibung des Instrumentes.

In den Figuren 3 und 4 stellt  $AA$  eine mit 3 Fußschrauben versehene Holzplatte dar, in welche, Fig. 4 von oben betrachtet, zwei flache Streifen von Messing  $aa$ , eingelassen und zum Tragen eines kreisförmigen oder elliptischen Multiplikators  $M$  bestimmt sind. An den gegenüberliegenden Seitenwänden des Multiplikators, zwischen welchen der Draht gewickelt ist, sind zwei Metallzapfen  $zz$  (isolirt von den Seitenwänden) befestigt und mit dem einen Zapfen ist der Anfang, mit dem andern das Ende des Multiplikator drahts metallisch verbunden. Mit diesen beiden Zapfen wird der Multiplikator in die beiden yartig ausgearbeiteten Vorsprünge der beiden Streifen  $aa$  gelegt, welche demnach die Fortsetzung des Multiplikator drahts bilden. Es

geht hieraus hervor, daß man, je nach der Art der beabsichtigten Untersuchung (es sey zu physiologischen oder physikalischen Zwecken) mit Leichtigkeit Multiplicatoren mit verschieden feinem Drabte, mit mehr oder weniger Umwindungen einlegen kann. An dem einen Ende eines sehr leicht gearbeiteten Bügels *B* von Messing ist eine feine englische Nähnael befestigt, auf welche der schwingende Magnet Fig. 5 mit der feinen Durchbohrung gesteckt wird. Nach Weber's Vorgange erhält dieser Magnet die Form eines Ringes; der unwirksame Theil des Magnets, nämlich die Mitte, ist bei der Ringform entfernt und man erhält auf diese Weise im Verhältniß zur Masse kräftigere Magnete. Ein solcher ringförmiger Magnet kann als zwei mit den gleichnamigen Polen auf einander gelegte Magnete betrachtet werden. Statt eines kreisförmigen Ringes kann auch ein elliptischer Ring bei entsprechender Form des Multiplicators gewählt werden Fig. 6. Die wirksamen Theile des Magnets können dabei in größerer Ausdehnung den Windungen möglichst nahe gebracht werden. Das andere Ende des Bügels trägt eine kleine Hülse, durch welche ein Zapfen, welcher sich an der Spiegelfassung *S* befindet, mittelst einer Schraubenmutter an den Bügel in jedem Azimuth festgestellt werden kann. An dem obern Theile der Spiegelfassung ist ein kleines Schiffchen *s* festgeschraubt, welches zur Aufnahme einer Axe dient, die an einem, zur Aufhängung bestimmten Coconfaden befestigt ist. An dem an der Fußplatte befestigten Träger *T* ist eine Schraube angebracht, an welche das andere Ende des Coconfadens geknüpft ist und mittelst welcher man die Höhe des auf die Nadel des Bügels gesteckten Ringmagnets so lange reguliren kann, bis derselbe in der Mitte des Multiplicators schwingt, ohne den Aufhängungspunkt dadurch zu verrücken. Dieses ist dieselbe Vorrichtung wie sie in den »Resultaten des magnetischen Vereins« 1836 beschrieben ist.

Aus dem bisher gesagten erkennt man ein Unifilar-Magnetometer, welches mit einem Multiplicator versehen ist und an welchem man mit einem Fernrohre und Scale, in be-

kan  
me  
sch  
na  
da  
ge  
hat  
Au  
Kr  
Ma  
Dir  
Stä  
1)  
k  
2)  
M  
3)  
tisc  
der  
die  
mul  
nun  
über  
träg  
Nac  
grö  
bun  
reic  
zien  
bun  
dau  
stru  
stab  
300

1)

kannter Weise, beobachten kann. Um nun dieses Instrument für die Messung schwacher elektrischer oder galvanischer Ströme möglichst empfindlich zu machen, legt man nach Weber oben auf das Gestell einen Magnet *so* auf, daß dessen Pole dieselbe Lage haben wie die des schwingenden Ringmagnets, also Nord über Nord. Dieser Magnet hat nun das Bestreben, den schwingenden Magnet um seine Aufhängungsaxe zu drehen, welchem die erdmagnetische Kraft entgegenwirkt; es wird also durch den aufgelegten Magnet die locale erdmagnetische Kraft, folglich auch die Directionskraft des schwingenden Magnets, verkleinert. Die Stärke des aufzulegenden Magnets hängt ab:

- 1) Von der beabsichtigten Verkleinerung der Directionskraft.
- 2) Von der Entfernung desselben von dem schwingenden Magnete.
- 3) Von der Stärke des localen Erdmagnetismus.

Bei der Anwendung dieser Methode, eine Nadel astatisch zu machen und einen jeden Grad der Empfindlichkeit derselben herzustellen, dessen Kenntniß man sich durch die Beobachtung der Schwingungsdauer der Nadel verschafft, muß der Hilfsstab ziemlich kräftig seyn. Befestigt man nun oben auf dem Gestelle einen verticalen Maafsstab *m*, über welchen sich eine Hülse schiebt, die den Hilfsstab trägt, so wird man, indem der Hilfsstab der schwingenden Nadel genähert wird, die Schwingungsdauer derselben vergrößern; man kann also durch eine allmähliche Verschiebung desselben einen jeden Grad der Empfindlichkeit erreichen. Da nun aber, wie schon gesagt, der Hilfsstab ziemlich kräftig seyn muß, so bringt eine kleine Verschiebung schon eine erhebliche Veränderung der Schwingungsdauer hervor und so war z. B. bei einem bestimmten Instrumente<sup>1)</sup> die Schwingungsdauer der Nadel *ohne* Hilfsstab =  $4''0$ , wurde der Hilfsstab auf:

300<sup>mm</sup> verticalen Abstand von der Nadel gebracht,  
so erhielt man . . . . .  $11''5$ ,

1) Im physiologischen Institute zu Göttingen.



290<sup>mm</sup> verticalen Abstand von der Nadel gebracht,  
so erhielt man . . . . . 18"5,

295<sup>mm</sup> verticalen Abstand von der Nadel gebracht,  
so erhielt man . . . . . 40"5

und wenn der Hilfsstab noch um 5<sup>mm</sup> näher gebracht wurde, so drehte sich die schwingende Nadel um 180°. Um nun diese geringe Verschiebung zu vermeiden, wurde der Hilfsstab (der mit I bezeichnet werden soll) auf 300<sup>mm</sup> festgestellt und auf demselben Maafsstabe noch ein Schieber angebracht, der einen ganz kleinen Magnet trägt, dessen Pole dieselbe Lage haben wie die des Stabes I. Mit einem so schwachen Magnete kann man mit Leichtigkeit eine jede Schwingungsdauer hervorbringen, ohne nöthig zu haben in der Verschiebung so vorsichtig zu seyn.

Liefs man den Hilfsstab I stets auf 300 und brachte den Hilfsstab II auf 270, so war die Schwingungsdauer 18"0,

" II " 265, " " " " " " " 22"25,

" II " 255, " " " " " " " 29"0.

Würde aber für gewisse Versuche die Schwingungsdauer bei Anwendung des einen Hilfsstabes I allein, der auf 300 gestellt 11"5 gab, zu groß seyn, so kann man den Hilfsstab II von dessen Stärke die Verkleinerung der Schwingungsdauer abhängt, mit entgegengesetzten Polen einlegen.

Man erhielt bei diesem Instrumente, wenn der Stab II mit entgegengesetzten Polen eingelegt wurde, die Schwingungsdauer, wenn:

I auf 300 und II auf 215 lag, nur 6"5,

I " 300 " II " 270 " " " 8"0.

Zur Berichtigung des Instrumentes ist es nothwendig, den verticalen Maafsstab um eine Axe drehen zu können, welche mit der Aufhängung der Nadel zusammenfällt; diese Drehung läßt sich vermittelst zweier Schrauben auf das Feinste vornehmen, indem diese in entgegengesetzter Richtung auf einen Arm wirken, welcher mit der Axe verbunden ist, wodurch erreicht werden kann, daß die magnetischen Axen der Hilfsstäbe mit der der schwingenden Nadel zusammenfallen und demnach keine Ablenkung hervorbringen.

Dur  
glei  
groß  
der  
der  
mut  
scha  
Schr  
Zwe  
Auf  
nem  
keit  
such  
Schw  
rubi  
Ueb  
gehe  
unm  
plic  
übe  
schü  
Fäll  
schw  
größ  
hen  
Kup  
  
Vor  
ode  
dun  
pfer  
Mu  
schü  
Inst  
seh  
ode  
1)



Durch die Bewegung der Schrauben werden beide Magnete gleichzeitig gedreht; allein eine ganz geringe Drehung des grossen Magnets bringt schon eine erhebliche Ablenkung der schwingenden Nadel hervor. Um daher die Einstellung der Nadel möglichst scharf zu erhalten, läßt sich das Azimuth des kleinen Magnets unabhängig von der gemeinschaftlichen Drehung beider Magnete mittelst der einen Schraube *s* und der Feder *f* Fig. 7 ändern, wodurch der Zweck auf das Vollständigste erreicht werden kann. Die Aufhängung eines sich selbst überlassenen Magnets an einem Coconfaden kann aber wegen der leichten Beweglichkeit des Magnets sehr störend, ja für physiologische Versuche fast unbrauchbar werden, weil, wenn derselbe in Schwingung versetzt ist, es sehr lange dauern wird, bis er ruhig genug ist, um daran beobachten zu können. Dieser Uebelstand wird aber, wie bekannt, durch den Dämpfer <sup>1)</sup> gehoben; und man hat die Wahl, die schwingende Nadel unmittelbar mit dem Dämpfer zu umgeben und den Multiplicatordraht auf denselben zu wickeln oder den Dämpfer über den, die Nadel eng umschliessenden Multiplicator zu schieben. Diese letztere Methode ist wohl in den meisten Fällen zu empfehlen, weil dabei die Drahtwindungen dem schwingenden Magnete am nächsten sind und die durch die grössere Entfernung des Dämpfers von der Nadel entstehende geringere Dämpfung sich durch eine etwas grössere Kupfermasse ersetzen läßt.

Man gewinnt bei dieser Einrichtung des Dämpfers den Vortheil, dafs, wenn man mit Multiplicatoren von dickerem oder dünnerem Drahte, mit mehr oder weniger Drahtwindungen, experimentiren will, alsdann nur ein einziger Dämpfer erforderlich ist, nach welchem der äufsere Umfang der Multiplicator-Rollen bestimmt wird, um den Dämpfer überschieben zu können. Beide Arten von Dämpfung bei diesen Instrumenten bewirken, dafs, selbst wenn der Magnet in sehr grosse Schwingungen versetzt war, derselbe nach 3 oder 4 Schwingungen fast völlig ruhig steht. Bei dem in

1) Resultate des magnetischen Vereins 1837.

Rede stehenden Instrumente war die Lage der Hülfsmagnete so, daß die Schwingungsdauer der Nadel, (nachdem Multiplicator und Dämpfer entfernt waren)  $16\frac{1}{2}$  betrug; alsdann zeigte sich aber die Abnahme der Schwingungsbögen so gering, daß das nahezu constante logarithmische Decrement nur 0,013 war. Als Dämpfer und Multiplicator den Magnet wieder umgaben, der Multiplicatorkreis jedoch geöffnet, (also als Dämpfer unwirksam) war, betrug das logarithmische Decrement 0,552; und als der Multiplicatorkreis geschlossen war, stieg das logarithm. Decrem. auf 0,637. Diese beiden letzten Angaben sind die Mittel aus je vier besonderen Beobachtungen; bei jeder einzeln ließen sich nur drei oder vier Ablesungen machen, weil alsdann der schwingende Magnet, obgleich mit einem starken Magnete in große Schwingungen versetzt, fast völlig wieder zur Ruhe gekommen war. Bei einem andern Multiplicator, zu dem der Dämpfer über die Drahtwindungen geschoben wird, war bei geöffnetem Multiplicatorkreise das logarithmische

Decrement . . . . . 0,425,  
bei geschlossenem Multiplicatorkreise das logarithmische Decrement . . . . . 0,602.

Es geht hieraus hervor, daß nach Verlauf von 40 bis 50 Sekunden der schwingende Magnet sich in vollständiger Ruhe befand, und somit ist es möglich, mit diesem Instrumente eine Reihe physiologischer Versuche rasch hintereinander zu machen, ohne eine wesentliche Veränderung, Absterben thierischer Theile, befürchten zu müssen.

Um einigermaßen eine Angabe über die Empfindlichkeit des Instrumentes für feine Einwirkungen machen zu können, wurden einige Versuche mit momentaner Entladung gespannter Elektrizität gemacht. Eine nur schwach geladene Leydener Flasche gab eine für unser Instrument mit empfindlicher Anordnung zu starke Wirkung. Dagegen erfolgten gut meßbare und zum Theil ansehnliche Ablenkungen, als (in großer Entfernung vom Galvanometer) eine mit Seide geriebene Glasröhre oder eine mit Wolle geriebene Siegellackstange an dem einen Ende des wohl isolirten Zu-

leitungsdrahtes vorbeigeführt wurde, während das andere Ende abgeleitet war. Dafs solche schwache Entladungen, wie in den letztgenannten Fällen, auch an einem recht empfindlichen Multiplicator (wie sie von Sauerwald mit 30,000 Windungen construirt werden), Ablenkungen bewirken, ist kaum zu bezweifeln, und Hr. Prof. Funke bestätigte es in der That auf Befragen; aber diese Ablenkungen gehören wohl selten zu den scharf mefsbaren.

Zur richtigen Aufstellung des Instrumentes mag noch einer kleinen Vorrichtung Erwähnung geschehen.

Es sollen, wie sich von selbst versteht, die Multiplicator-Windungen in der Richtung des magnetischen Meridians liegen. Um dieses zu erreichen, entfernt man alle Magnete sowie auch den Multiplicator und Dämpfer von dem Instrumente und legt in die Zapfenlager, die zur Aufnahme des Multiplicators bestimmt sind, den Fig. 5 abgebildeten Träger, welcher mit einer Stahlspitze zur Aufnahme einer gewöhnlichen Magnetnadel versehen ist. Senkrecht gegen die Zapfen dieser kleinen Vorrichtung ist eine Linie gezogen, auf welche man die Magnetnadel, durch Drehung des grofsen Holzgestelles, zur Einstellung bringt. Ist diese zur Gänze erfolgt, so entfernt man diese Vorrichtung und setzt das Instrument vollständig zusammen, wozu es hier keiner weitern Bemerkung bedarf.

Schliesslich mag noch bemerkt werden, dafs sowohl der Multiplicator als auch der Spiegel von einem Holzgehäuse umgeben ist, um gegen Luftzug zu schützen. Bei dem vorliegenden Instrument besteht dasselbe in einem der Länge nach halbirten hohlen Cylinder von Holz, der oben geschlossen, nur mit einem Loch für den Coconfaden versehen ist. Die andere Hälfte dieses Cylinders hat, dem Spiegel gegenüber, eine Oeffnung, welche durch ein Plauparallelglas verschlossen werden kann.

Göttingen im Juli 1861.

## VII. Methode zur Bestimmung des Brechungscoëfficienten; von Inspector Meyerstein in Göttingen.

In diesen Ann. Bd. XCVIII habe ich mein Spectrometer beschrieben, welches zur Bestimmung des Brechungs- und Zerstreuungsverhältnisses verschiedener Medien dient. Seit jener Zeit habe ich vielfach Veranlassung gehabt, mit Instrumenten nach dem in jener Beschreibung angegebenen Principe zu messen, theils zur Prüfung von Instrumenten, welche bei mir bestellt waren, theils zum eigenen optischen Gebrauche. Bei dieser Arbeit fand ich es wünschenswerth, manche Aenderungen<sup>1)</sup> an dem Instrumente vorzunehmen, durch welche theils die einmal an demselben gemachten Berichtigungen möglichst bleibend werden, theils aber noch erreicht wird, daß der Gebrauch des Instruments nicht nur auf die von mir angegebene Messungsmethode beschränkt ist, sondern nach mehreren ganz verschiedenen Methoden erfolgen kann.

Die Methode, für welche ich das Instrument ursprünglich eingerichtet hatte, besteht im Wesentlichen darin, daß man, um den Brechungscoëfficienten  $n$  eines Prismas für irgend einen Farbstrahl zu bestimmen, die Ablenkung mißt, welche dieser Strahl erfährt, wenn er so durch das Prisma hindurchgeht, daß die Richtung seines Austritts senkrecht zur Prismenfläche ist.

Unter dieser Bedingung bestimmt sich  $n$ , wenn man mit  $\varphi$  den brechenden Winkel des Prismas, mit  $\mu$  die gemessene Winkelablenkung bezeichnet, nach der Gleichung

$$n = \frac{\sin(\varphi + \mu)}{\sin \varphi}$$

wie sich leicht durch Betrachtung der Taf. I, Fig. 9 ergibt.

Wenn nun auch diese Methode hinsichtlich der Schärfe

1) Ich verweise auf meine Schrift »das Spectrometer«; Verlag der Deuerlich'schen Buchhandlung in Göttingen. 1861.

und Leichtigkeit, mit welcher die Messungen auszuführen sind, kaum etwas zu wünschen übrig läßt, so tritt dabei doch der Uebelstand ein, daß man in der GröÙe des brechenden Winkels  $\varphi$  beschränkt ist. Dieser darf nämlich, wie leicht zu sehen ist, nicht größer seyn, als der Gränzwinkel der innern Reflexion für das betreffende Medium, der sich nach der Formel

$$\varphi = \text{arc. sin.} \left( \frac{1}{n} \right)$$

berechnet, so daß, wenn man z. B. ein stark brechendes Medium, wie Flintglas ( $n = 1,66$ ) anwenden will, der Prismenwinkel unter  $37^\circ$  bleiben muß.

Durch eine kleine Veränderung, welche ich, um von dieser Beschränkung unabhängig zu werden, in der Construction des Instruments vorgenommen habe, wird es möglich, außer nach der oben angegebenen, auch nach der bekannten Fraunhofer'schen Methode (der der Minimalablenkung), sowie endlich noch nach einer dritten Methode zu beobachten, welche sich besonders durch ihre Einfachheit, unbeschadet der zu erzielenden Genauigkeit, empfiehlt, und die ich hier in der Kürze auseinandersetzen will.

Bezeichnet  $\varphi$  wie oben den Winkel eines Prisma  $A. B. C.$ , Taf. I, Fig. 10,  $\alpha$  den Eintrittswinkel,  $\beta$  den Austrittswinkel eines bestimmten Farbstrahls, so ist allgemein

$$\sin \beta = \sin \varphi \sqrt{n^2 - \sin^2 \alpha} - \cos \varphi \sin \alpha.$$

Diese Gleichung nach  $n$  aufgelöst giebt

$$n = \frac{\sqrt{\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta + 2 \sin \alpha \cdot \sin \beta \cos \varphi}}{\sin \varphi} \quad . \quad . \quad (1)$$

wonach sich also der Werth von  $n$  berechnen läßt, wenn  $\alpha$  und  $\beta$  bestimmt sind. Die unmittelbare Messung giebt nun den Winkel  $\mu$ , um welchen der austretende Strahl gegen den eintretenden abgelenkt ist; und da

$$\mu = \alpha + \beta - \varphi$$

und  $\varphi$  als bekannt vorausgesetzt wird, so giebt sie die Summe  $\alpha + \beta$ . Um aus dieser Summe allein die Werthe von  $\alpha$  und  $\beta$  einzeln zu erhalten, sucht Fraunhofer den Verlauf des Strahls durch das Prisma so einzurichten, daß

Einfalls- und Austrittswinkel einander gleich werden, und das erreicht man, indem man die Minimalablenkung herstellt. Zu jener Bestimmung von  $\alpha$  und  $\beta$  gelangt man aber auch auf allgemeinerem Wege; wenn man außer ihrer Summe noch ihre Differenz zu messen vermag. Dies kann nun leicht geschehen, denn es ist hiezu nur erforderlich, die Drehung zu beobachten, welche man mit dem Prisma vornehmen muß, um Eintritts- und Austrittswinkel unter einander zu vertauschen, welche Vertauschung dadurch erkennbar und ausführbar ist, daß nach ihr der Verlauf des Strahls durch das Prisma, mithin auch der Ablenkungswinkel  $\mu$  wieder derselbe ist. In der Messung dieser Drehung, für welche am Instrumente ein besonderer Hilfskreis eingerichtet ist, besteht das Wesen der oben erwähnten dritten Methode. Bezeichnet man die Drehung, also den Unterschied  $\alpha - \beta$ , mit  $\delta$ , so hat man nun

$$\alpha + \beta = \varphi + \mu$$

$$\alpha - \beta = \delta,$$

mithin

$$\alpha = \frac{\varphi + \mu + \delta}{2}; \quad \beta = \frac{\varphi + \mu - \delta}{2}$$

und setzt man diese Werthe in (1) ein, so findet sich

$$n = \frac{\sqrt{1 - \cos \varphi \cdot \cos (\varphi + \mu) + [\cos \varphi - \cos (\varphi + \mu)] \cos \delta}}{\sin \varphi}$$

oder

$$n = \frac{\sin \frac{\varphi + \mu}{2}}{\sin \frac{\varphi}{2}} \cdot \cos \frac{\delta}{2} \sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \frac{\varphi + \mu}{2} \cdot \operatorname{tg}^2 \frac{\varphi}{2} \cdot \operatorname{tg}^2 \frac{\delta}{2}} \quad (2)$$

Zur bequemerer Rechnung nach dieser Formel kann man einen Hülfswinkel  $\lambda$  einführen, indem man setzt

$$\operatorname{tg} \lambda = \operatorname{ctg} \frac{\varphi + \mu}{2} \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2} \cdot \operatorname{tg} \frac{\delta}{2}$$

und sodann

$$n = \frac{\sin \frac{\varphi + \mu}{2}}{\sin \frac{\varphi}{2}} \cdot \frac{\cos \frac{\delta}{2}}{\cos \lambda} \quad (3)$$

Bei diesem Verfahren hat man also, um für irgend einen Strahl den Brechungscoefficienten zu bestimmen, je zwei Winkel zu messen. Indefs tritt in der Ausführung dadurch eine wesentliche Vereinfachung ein, daß der Werth von  $\delta$  nur näherungsweise bestimmt zu werden braucht, indem die nähere Betrachtung der Formel (3) zeigt, daß ein Fehler in  $\delta$  einen vergleichsweise nur äußerst geringen Einfluß auf den Werth von  $n$  hat. Es stellt sich heraus, daß ein Fehler von  $0^{\circ},1$  in  $\delta$  bei einem brechenden Winkel von etwa  $60^{\circ}$ , selbst wenn  $\delta$  groß ist, niemals mehr als 2 bis 3 Einheiten der 4<sup>ten</sup> Decimale in  $n$  austrägt, während dieser Fehler in  $n$  sogar unter einer Einheit der 4<sup>ten</sup> Decimale bleibt, wenn man die Beobachtung so einrichtet, daß  $\delta$  7 bis  $8^{\circ}$  nicht übersteigt. Dieser Drehungswinkel  $\delta$  ist nun  $= 0$  wenn der beobachtete Strahl sich in der Minimalablenkung befindet; um daher immer einen kleinen Werth für  $\delta$  zu erhalten, braucht man nur den betreffenden Farbstrahl (resp. die Fraunhofer'sche Linie) in der Nähe der Minimalablenkung einzustellen, und wird also, wenn man das ganze Spectrum durchbeobachten will, den Werth des  $\mu$  Schritt für Schritt so ändern, daß er immer beiläufig der Minimalablenkung der jedesmaligen dunkeln Linie gleich wird — was man durch äußerst einfache Manipulationen bewerkstelligen kann.

Bei dieser Art der Anwendung meiner Methode erscheint daher die Messung des Drehungswinkels  $\delta$  als eine Correction für die nur näherungsweise bewirkte Minimalstellung, durch welche die mühsam zu erreichende *genaue* Herstellung der letztern umgangen wird.

Wenn man jedoch auf die äußerste Genauigkeit verzichten will — d. h. eine Unsicherheit von 2 Einheiten der 4<sup>ten</sup> Decimale in  $n$  noch zuläßt — so kann man diese Methode in noch bequemerer Weise anwenden, indem man das ganze Spectrum mit ein und derselben Ablenkung  $\mu$  — die natürlich nicht kleiner als die Minimalablenkung der violetten Strahlen seyn darf — durchmustert. So erreicht man den Vortheil, nur eine einzige *genaue* Winkelmessung



nöthig zu haben, während alle übrigen Operationen nur in der wiederholten Einstellung eines jeden Strahls und der leicht auszuführenden Hilfsablesung  $\delta$  bestehen. Ich lasse hier einige Messungen folgen, welche mit einem Spectrometer vorgenommen sind, dessen Hauptkreis nur 6 Zoll Durchmesser hat und mittelst Nonien 10" angiebt. Der Hilfskreis zur Bestimmung von  $\delta$  beträgt 4 Zoll, und ist nur in ganze Grade eingetheilt, so dafs man 0°,1 noch genau schätzen kann.

Die Messungen wurden an einem Glasprisma vorgenommen, dessen brechender Winkel 59° 47' 57" beträgt.

Erste Reihe $\mu$ veränderlich.				Zweite Reihe $\mu$ constant.		
Strahl	$\mu$	$\delta$	$\frac{\varphi + \mu}{2}$	$\mu$	$\delta$	$\frac{\varphi + \mu}{2}$
<i>B</i>	47° 17' 52"	6° 45'	53° 32' 54"	50° 8' 32"	24° 39'	54° 58' 15"
<i>C</i>	47 28 18	6 57	53 38 8		23 51	
<i>D</i>	47 54 45	6 33	53 51 21		21 48	
<i>E</i>	48 34 18	7 18	54 11 8		18 50	
<i>b</i>	48 40 45	7 9	54 14 21		18 18	
<i>F</i>	49 8 50	7 30	54 28 24		15 39	
<i>G</i>	50 8 32	6 33	54 58 15		6 33	

## Brechungsindex.

Strahl	1. Reihe	2. Reihe
<i>B</i>	1: 6113	1: 6111
<i>C</i>	1: 6130	1: 6131
<i>D</i>	1: 6178	1: 6179
<i>E</i>	1: 6241	1: 6242
<i>b</i>	1: 6253	1: 6253
<i>F</i>	1: 6298	1: 6299
<i>G</i>	1: 6405	1: 6405

D  
tung  
tens  
dies  
voll  
len  
stim  
zers  
gem  
schw  
Fall  
sehr  
Blat  
Vor  
nich  
lisat  
der  
die  
aus,  
gen  
chro  
guer  
dem  
spie  
gesch  
den,  
Emp  
verg  
zu  
liche  
diffu  
Pog



# VIII. Beschreibung eines Photometers;

von H. W. Dove.

(Aus den Monatsbericht, d. Akad. Mai 1861.)

Durch die bisher angegebenen photometrischen Vorrichtungen kann man unter bestimmten Bedingungen die Intensität zweier Lichtquellen messen, es läßt sich aber gegen dieselben geltend machen, daß sie in der Regel ihren Dienst vollständig versagen, wenn die zu vergleichenden Lichtquellen verschieden farbig sind, oder wenn es sich um die Bestimmung der Helligkeit des in einem gegebenen Raume zerstreuten Lichtes handelt, endlich wenn die Lichtmenge gemessen werden soll, welche ein sehr kleiner oder nur schwach durchscheinender Körper hindurchläßt. In letzterm Falle ist die von Bunsen angegebene für helle Flammen sehr zweckmäßige Methode, bei welcher ein auf einem Blatt Papier befindlicher Fettfleck durch dieselben von Vorn und Hinten so beleuchtet wird, daß er verschwindet, nicht anwendbar. Die von Babinet angewendete Neutralisation der Polarisationsfarben zweier senkrecht auf einander polarisirter Lichtmassen gleicher Intensität schließt aber die Anwendung verschieden farbiger Lichtquellen ebenfalls aus, wie unmittelbar aus den lebhaften Farbenerscheinungen ersichtlich ist, welche in dem von mir construirten Dichrooskop hervortreten. Das Umsetzen eines positiven Daguerreschen Bildes in ein negatives, wenn über das von demselben zum Auge gelangende zerstreute Licht das gespiegelte überwiegt, welches Pouillet zur Messung vorgeschlagen hat, erheischt ein Zimmer mit schwarzen Wänden, findet also nur eine beschränkte Anwendung, seine Empfindlichkeit überhaupt ist nicht erheblich, wenn die zu vergleichenden Gegenstände kleine Flächen darbieten, da zu der Erscheinung auf der Daguerreschen Platte sämtliche Lichtmassen concurriren, welche von allen Seiten her diffus auf dieselbe fallen. Das Nebeneinanderlegen gleich

dunkler Schatten eines Stabes nach Rumford oder heller Lichtlinien eines rotirenden glänzenden Kügelchens nach Wheatstone schließt von vorn herein verschieden farbige Lichtquellen aus, deren gleiche Helligkeit das Auge nicht zu beurtheilen vermag. Die durch gekreuzte Nicols, Gläser oder polarisirende Spiegel eintretende Schwächung des Lichtes wird ein unsicheres Bestimmungsmoment bei schwachen Lichtquellen, wenn die messende Bestimmung auf der Beurtheilung des wirklichen Verschwindens beruht, nicht auf dem Uebergang einer Erscheinung in die entgegengesetzte, was zu entscheidenden Bestimmungen wesentlich ist. Das von mir angewendete Verfahren bietet vor den angeführten die Vorzüge dar, dafs es äufserst empfindlich ist, auf helle und schwach leuchtende, gleich oder verschieden farbige, durchsichtige und undurchsichtige Objecte beliebiger Gröfse in gleicher Weise anwendbar, zur Bestimmung der Lichtstärke optischer Instrumente ebenfalls geeignet, dafs es ganz verschiedene Messungsmethoden gestattet, die einander gegenseitig controlliren, endlich dafs es vermittelt eines Instrumentes erhalten wird, des Mikroskops nämlich, welches obnehin schon in den Händen jedes beobachtenden Naturforschers ist.

Es giebt gewisse mikroskopische Objecte, wie z. B. die Haut einer Eintagsfliege, welche dunkel auf hellem Grund erscheinen, wenn man sie von Unten beleuchtet, hingegen hell auf dunklem Grund, wenn man den Beleuchtungsspiegel verdeckt. Weit schöner zeigt sich diefs an mikroskopischen Photographien z. B. an Major Dickson's Tablet in Rostherne Church, wenn man sie bei funfzigmaliger Vergröfserung (Objectiv 1. 2.) in einem Schieckschen Mikroskop betrachtet. Die Beleuchtung von Unten giebt eine tief schwarze Schrift auf weifsem Grunde, bei Verdecken des Spiegels die Beleuchtung von Oben weifse Schrift auf schwarzem Grund. Dadurch wird es wahrscheinlich, dafs die Schrift verschwinden wird, wenn das von Oben und von Unten einfallende Licht gleiche Intensität hat oder wenn zwischen demselben ein bestimmtes Verhältnifs besteht, da

der Winkel, unter welchem beide auffallen, ein verschiedener seyn kann. Befestigt man in dem Objectträger einen polarisirenden Nicol, und vertauscht das gewöhnliche Ocular mit dem, welches den analysirenden Nicol enthält, so verschwindet bei dem Drehen der analysirenden Vorrichtung die Schrift. Die geringste weitere Drehung kehrt die vorher dunkle Schrift in eine weiße um, ein Beweis für die erhebliche Empfindlichkeit des Verfahrens, welche auch dadurch sich zeigt, daß wenn man bei der Stellung des Verschwindens der Schrift auch nur ein schwach trübendes Glas einschaltet, die weiße Schrift auf dunklem Grund sogleich erscheint, wenn die Einschaltung in dem von Unten einfallenden Licht erfolgt, während die dunkle Schrift auf hellem Grund sichtbar wird, wenn das Glas in das von Oben einfallende Licht gebracht wird.

Es ist unmittelbar einleuchtend, daß wenn nach einander das von Unten einfallende Licht zweimal so getrübt wird, daß es durch Verschwinden der Schrift dem von Oben mit unveränderter Helligkeit auffallenden das Gleichgewicht hält, die Lichtmengen in diesen beiden Fällen gleich seyn müssen, da die Strahlen genau unter denselben Bedingungen auf die mikroskopische Photographie einfallen. Enthalten nun die Methoden, welche bei verschiedenen hellen Lichtquellen, die zur Gleichheit nothwendige Schwächung des stärkeren erheischen, in sich die Bestimmung für den Grad der Schwächung, so folgt unmittelbar daraus die quantitative Bestimmung ihrer unter gleichen Bedingungen verschiedenen Intensität.

Bei den neuern Mikroskopen ist die Einrichtung getroffen, daß der Beleuchtungsspiegel durch eine doppelte Winkelbewegung auf die Seite gebracht werden kann, das Instrument selbst sich außerdem aus der senkrechten Stellung in jede beliebig geneigte bringen läßt, welche ich, da sie nur in besondern Fällen von der horizontalen erheblich abweicht, die horizontale Stellung nennen werde im Gegensatz zu der senkrechten, bei welcher die Anwendung des Spiegels vorausgesetzt wird.

Die Schwächungsmethoden sind nun folgende:

1. Verkleinerung der Oeffnung des Objectträgers.
2. Entfernung der Lichtquelle von derselben.
3. Vergrößerung der wirkenden Fläche der Lichtquelle durch Neigung derselben gegen die Oeffnung, welche die senkrechte Projection jener Fläche darstellt, in welchem Falle die cylindrische Oeffnung durch Ausatz einer innen geschwärzten Röhre so eingerichtet werden kann, daß nur parallele Strahlen das photographische Bild treffen.
4. Drehung des mit einem analysirenden Nicol versehenen Oculars, nachdem in die Oeffnung des Objectträgers der analysirende Nicol eingesetzt ist.

Zu der Verkleinerung der Oeffnung kann man ein metallnes Lineal anwenden, in welchem in einer geraden Linie neben einander kreisrunde Oeffnungen angebracht sind von allmählich abnehmender Gröfse, von denen die größte den Durchmesser der Oeffnung selbst hat. Ich werde dieses Linial den *Schieber* nennen. Auf dem von mir angewendeten befanden sich 14 solcher Oeffnungen. Der Durchmesser derselben kann durch die Mesavorrichtung des Mikroskops selbst bestimmt werden. Statt des Schiebers kann auch eine excentrische Scheibe mit abnehmenden Oeffnungen, wie sie bei älteren Mikroskopen häufig angebracht ist, angewendet werden, doch ist ein geradliniger Schieber vorzuziehen, weil die excentrische Scheibe, wenn sie viel Oeffnungen enthalten soll, eine störende Gröfse erhält.

Die Entfernung der Lichtquelle wird an einer Scala bestimmt. Der Nullpunkt derselben ist bei horizontaler Stellung das auf dem Objecttisch mittelst des gewöhnlichen Objecthalters befestigte photographische Bild.

Zur Bestimmung der Gröfse der wirkenden Fläche kann jedes beliebige Winkelinstrument angewendet werden. Ist der zu prüfende Körper eine lichtzerstreuende ebene Fläche, so kann diese auf das Centrum eines horizontalen Kreises gestellt werden, durch dessen Alhidade sie bewegt wird, oder es wird auf der Fläche ein ebener Spiegel angebracht, in welchem mittelst eines Fernrohres eine entfernte Scala

abgelesen wird. Dasselbe Verfahren findet, wenn die Intensität des unter verschiedenen Einfallswinkeln auf einen ebenen Spiegel fallenden Lichtes gefunden werden soll, seine Anwendung auf Bestimmung dieses Winkels. Ist hingegen die spiegelnde Fläche die freie Oberfläche einer Flüssigkeit, so wird die Incidenz durch Neigung der Axe des Mikroskops erhalten, welche durch einen daran befestigten Spiegel bestimmt wird. Auf ähnliche Weise erhält man die Drehung des analysirenden Oculars durch einen daran befestigten Spiegel.

Bei schwachen Lichtquellen erhält man eine Verstärkung derselben bei lothrechter Stellung durch Vertauschen des ebenen Beleuchtungsspiegels mit dem Hohlspiegel, bei horizontaler durch eine Beleuchtungslinse, welche so aufgestellt wird, daß die Concentration in gleicher Weise auf der photographischen Zeichnung erfolgt wie vorher durch den Hohlspiegel. In dem Falle, daß der Parallelismus der auffallenden Strahlen erfordert wird, steht die Lichtquelle im Brennpunkt der Linse.

Für verschiedene Lichtquellen modificirt sich das Verfahren. Ich werde es daher für die besonderen Arten derselben einzeln besprechen.

**Dioptrische Absorptionsfarben und zerstreutes Licht durchscheinender Körper.**

**Farbige Gläser.** Bei senkrecht stehendem Mikroskop wird das Object von Unten durch den gegen einen Theil des Himmels gerichteten Spiegel, von Oben durch die allgemeine Tageshelle erleuchtet. Die Dicke der die Oeffnung des Objectträgers verdeckenden Gläser wird nun so lange verändert, bis die Compensation erreicht ist. Ist dadurch die von Unten einfallende Lichtmenge übercompensirt, so erscheint die Schrift nicht weiß, sondern lebhaft subjectiv gefärbt. Der Uebergang von dunkel auf hellem Grund zu hell auf dunklem Grunde ist aber leicht ersichtlich. Bei Ueberfanggläsern kann man nur durch Uebereinanderlegen die Verstärkung der Dicke erhalten, bei durch

und durch gefärbten mittelst flach geschliffener Keile, die über einander verschoben sind, bei farbigen Glimmern durch Abspalten und Bestimmung der Dicke mittelst des Sphärometers. Hat man nach einander für verschieden farbige Gläser die Compensation erhalten, so dient dies dazu, eine Farbenscala gleicher Helligkeit zu bilden.

Will man hingegen die Frage beantworten, in welchem Verhältniss mit zunehmender Dicke die Helligkeit abnimmt, so bringt man für die grössere Dicke zuerst die Compensation hervor und vermindert mittelst des Schiebers dann die Grösse der Oeffnung, bis bei der geringeren Dicke die Compensation erreicht ist. Die Helligkeit ist bei parallel einfallendem Licht im umgekehrten Verhältniss der Oeffnung. In gleicher Weise kann dies erhalten werden, wenn der polarisirende Nicol in die Oeffnung eingesetzt ist, durch Drehung des analysirenden, denn diesen afficirt nur das von Unten polarisirt eintretende, nicht das von Oben einfallende zerstreute und daher unpolarisirte Licht.

In gleicher Weise erhält man mittelst des Schiebers oder Nicols bei gleicher Dicke verschieden farbiger Substanzen das Verhältniss des durchgelassenen Lichtes.

Bei diesen Versuchen war es mir besonders auffallend, wie wenig das Auge die Lichtstärke zu beurtheilen vermag, welche ein durchscheinender Körper im Vergleich zu einem durchsichtigen hindurchlässt. Ich bildete aus einem zerschnittenen mattgeschliffenen Glase einen Glassatz und vervielfältigte die Anzahl der Scheiben so lange, bis die von ihnen durchgelassene Lichtmenge der gleich wurde, welche durch ein rothes Ueberfangglas mit spiegelnder Oberfläche hindurchging. Beide in gleicher Entfernung vom Auge oder dicht vor demselben neben einander gehalten, erscheinen sehr ungleich, das rothe Glas nämlich viel heller. Unbewusst nämlich verknüpft sich die Vorstellung der Deutlichkeit mit dem Urtheil über die Helligkeit, so dass das letztere jenem untergeordnet wird.

Die Prüfung dichroitischer Krystalle erfolgt durch die Erreichung der Compensation nach verschiedener Richtung.

Bei einigen von mir untersuchten war der Unterschied sehr erheblich. Die Prüfung sehr verdunkelnder farbiger Gläser für Sonnenbeobachtungen geschieht, nachdem der Spiegel zur Seite gebogen, dadurch, daß das Instrument unmittelbar nach Einschaltung der Gläser gegen die Sonne gerichtet wird. Die Bestimmung der starken Verdunkelung durch Combination verschiedenfarbiger erfolgt in gleicher Weise.

Handelt es sich um die Bestimmung der Absorption sehr durchsichtiger Substanzen, wie farblose Flüssigkeiten, welche in langen durch verschiebbliche Glasplatten geschlossenen Röhren angewendet werden müssen, so geschieht dies ebenfalls durch das horizontal gestellte Instrument. In derselben Stellung wird das Mikroskop angewendet, wenn die Flüssigkeit eine sehr wenig Licht durchlassende ist, wie Indigolösung. Ich habe dazu den Capillarapparat angewendet, wo zwischen zwei wenig geneigten Spiegelscheiben die Flüssigkeit aufsteigt. Die Entfernung von der Kante giebt die zunehmende Dicke der Flüssigkeitsschicht aus einem gewissen Abstand der Scheiben. Bei farbigen Gasarten, welche in Gefäßen abgeschlossen sind, steht das Instrument ebenfalls horizontal. Die Trübung durch Rauch läßt sich im Freien untersuchen.

Bei Zeugen, Papier u. s. w. erhält man die zunehmende Dicke durch Zusammenfalten. Die durchgelassene Lichtmenge ist hier nicht die direct absorbirte, sondern theilweise die durch die Zwischenräume hindurchgelassene. Dasselbe gilt von dünnen Vergoldungen und Versilberungen.

#### Messung des von undurchsichtigen Körpern zerstreuten Lichtes.

Hält man bei gewöhnlicher Tagesbeleuchtung einen Bogen weißes Papier horizontal unter den Objectträger des senkrecht gestellten Mikroskopes, so kann man die obere Beleuchtung so reguliren, daß man die dunkle Schrift auf weißem Grunde sieht. Mit gesteigerter Neigung wird der weiße Grund gegen die dunkle Schrift immer heller. Vertauscht man den weißen Bogen mit einem matt schwarzen



oder mit einer gleichförmig angerufsten Fläche, so erscheint unter allen Neigungen die weiße Schrift auf dunklem Grund. Anders ist es mit einer farbigen Fläche. Erscheint hier bei horizontaler Lage die helle Schrift auf dunklem Grund, so verschwindet sie bei einer bestimmten Neigung und geht bei Zunahme derselben in dunkle Schrift auf hellem Grund über. Diefes giebt ein höchst einfaches Mittel an die Hand, zu beurtheilen, welche von zwei neben einander liegenden Farben heller ist. Man neigt die Fläche bis die Schrift verschwindet und bringt dann die andere Farbe in dieselbe Lage. Sie ist heller oder dunkler, je nachdem die Schrift schwarz oder weiß erscheint. Bei genauer Bestimmung, unter welchem Neigungswinkel der Uebergang eintritt, muß alles Seitenlicht abgeblendet werden. Ich habe, um dies zu erhalten, das horizontal gestellte Mikroskop so gestellt, daß eine einen Fuß lange innen angerufste Röhre (ein abgeschnittener Flintenlauf) die Verlängerung der Sebaxe des Mikroskopes bildete, indem sie sich an die untere Oeffnung des Objectträgers unmittelbar anlegte. Die lothrecht gestellten Farbenscheiben befinden sich um eine lothrechte Axe drehbar am andern Ende der Röhre.

Das Undurchsichtigwerden eines farblosen durchsichtigen Körpers, wie des Wassers, durch totale Reflexion tritt deutlich hervor, wenn man schief auf die nach Unten gewandte Seite der freien Oberfläche desselben in einem Glase sieht, noch überraschender in dem blendenden Licht, welches unmittelbar aus dem vollkommen dunkeln von Innen stark beleuchteten cylindrischen Wasserstrahl hervorbricht, wo er sich in Tropfen auflöst oder durch einen Schlag unterbrochen wird, während ein in dem dunkeln Raume hinter den Strahl gehaltenes Licht ihn ungestört durchstrahlt. Da mit der Häufigkeit der Unterbrechung die Wahrscheinlichkeit für den Gränzwinkel der totalen Reflexion sich steigert, so sehen wir unmittelbar ein, wie das, was an einer Blase im Wasser sich zeigt, sich vervielfältigend den weißen Schaum hervorruft, wie ein Sprung im Eise den Uebergang zum weißen Schnee bildet, ein Sprung im Glase

das  
tert.  
aus f  
chem  
ist al  
an V  
tion  
zeigt  
tung  
Akte  
oder  
letz  
die  
farb  
und  
daß  
den  
pers  
sie  
unt  
ver  
Kör  
sehr  
bild  
fläch  
ebe  
wir  
bei  
zu  
stre  
Pur  
we  
gur  
Mil



das weiße Pulver eines zersprungenen Glastropfens erläutert. Aber dieses Pulver ist nur weiß, wenn der Tropfen aus farblosem Glase, es wird grünlich, wenn es aus grünlichem besteht, gerade wie der Schaum des Champagners heller ist als der des Bieres, des Kaffes und der Chocolate, alle aber an Weiße dem Seifenschaum nachstehen. Die Depolarisation des polarisirten auf eine Schneefläche auffallenden Lichtes zeigt, daß die total spiegelnden Flächen nach allen Richtungen geneigt sind, und wir werden daher uns von dem Akte der Zerstreuung des Lichts von einer weißen, grauen oder farbigen Fläche eine Anschauung bilden, wenn wir bei letztern zu den die ersten hervorrufenden Bedingungen noch die der Absorption in dem Durchgehen durch die nicht farblosen Substanzen hinzufügen.

Nach dieser Ansicht wird die raue Oberfläche eines undurchsichtigen Körpers nicht dadurch das Licht zertreuen, daß er nach allen Richtungen geneigte Spiegel darstellt, denn unter dieser Voraussetzung würde die Farbe des Körpers nicht bemerkbar seyn, sondern im Gegentheil würde sie dem Lichte Flächen darbieten, welche das Eindringen unter nahe lothrechter Incidenz erleichtert. Eben deswegen verdeckt eine gesteigerte Politur allmählich die Farbe eines Körpers. Diesem widerspricht nicht, daß ein gepulverter sehr dunkler Farbestoff heller erscheint, als der ein Ganzes bildende, welcher vor der Theilung schon eine raue Oberfläche darbot, weil hier durch die vielfach gesteigerten Unebenheiten die Reflexion in sehr schiefer Neigung gesteigert wird, während die vervielfaltigten senkrechten Incidenzen bei der großen Undurchsichtigkeit die Farbe noch mehr zu vertiefen wenig geeignet sind.

Aus den bisherigen Betrachtungen folgt, daß das zerstreute Licht so angesehen werden kann, als wenn jeder Punkt ein selbstleuchtender wäre; in diesem Falle wird, wenn  $o$  die Oeffnungen des Objectträgers und  $\alpha$  der Neigungswinkel der zerstreuen Fläche gegen die Axe des Mikroskops die auf das photographische Bild Licht sendende

Fläche  $\frac{1}{\sin x}$  seyn, und die Helligkeit dieser proportional. Tritt aber für zwei verschiedene Substanzen bei gleicher allgemeiner Beleuchtung die Compensation unter den Winkeln  $x$ , und  $x''$  ein, so wird ihre respective Helligkeit im Verhältniß von  $\frac{1}{\sin x}$ , und  $\frac{1}{\sin x''}$  seyn.

Unter der Voraussetzung der strengen Gültigkeit einer nach allen Seiten hin gleichmäfsig erfolgenden Zerstreuung reducirt sich dann die Bestimmung der Helligkeit der diese veranlassenden Körper auf eine einfache Winkelmessung. Die volle Gültigkeit oder ihre Beschränkung läfst sich aber empirisch ermitteln, indem man die bei gleichbleibender Neigung durch Verkleinerung der Oeffnung mittelst des Schiebers erhaltenen Werthe mit denen vergleicht, welche die veränderte Neigung bei gleichbleibender Oeffnung liefert. So lange eine in dieser Weise durchgeführte Untersuchung fehlt ist die Anwendung des Schiebers die zuverlässigste.

Kommt es darauf an die Helligkeit, welche aus der Combination des von zwei verschieden farbigen Flächen ausgehenden Lichtes resultirt, zu messen, so erhält man dies mittelst der Fechner'schen Scheiben, bei denen in concentrischen Ringen die Gröfse des der einen Farbe angehörigen Sectors stufenweise von 0 bis 360° zunimmt, während die der anderen gleichzeitig von 360 bis 0° abnimmt. Man richtet unter Abblendung der übrigen Ringe das horizontale Mikroskop nach einander auf die einzelnen concentrischen Ringe und compensirt die Helligkeit.

Bei der Rotation einer Newton'schen Farbenscheibe kann man natürlich nicht die Helligkeit einer weissen erhalten, sondern nur die der Absorption aller einzelnen Farben entsprechende. Man braucht nur das Photometer auf die rotirende Scheibe zu richten, und den Neigungswinkel ermitteln, welcher die Compensation giebt, dann denselben Versuch mit der weissen Rückseite der Scheibe anzustellen, um sich zu überzeugen, dafs im ersten Falle viel Licht ab-

sorbirt wurde. Will man die Menge desselben bestimmen, so vergrößert man auf einer weissen Scheibe einen schwarzen Sector so lange, bis die Gleichheit der Helligkeit für beide Scheiben erreicht ist.

Hierbei tritt eine physiologische Frage ein, deren Beantwortung nicht ohne Interesse ist. Theilt man eine Scheibe in 5 weisse und 5 schwarze mit einander abwechselnde Sektoren, so ist die Lichtmenge, welche sie mit einer bestimmten Geschwindigkeit sich drehend dem Auge zusendet, dieselbe als wenn die Scheibe in 25 weisse und 25 schwarze abwechselnde Sektoren getheilt ist. Die Intervalle aber dauern im ersten Falle 5 mal länger als im zweiten. Hat dies einen Einfluss auf die Beurtheilung der Helligkeit? Mir ist es früher stets so vorgekommen, als wenn die Helligkeit zunehme, bis die Geschwindigkeit der Rotation sich über eine gewisse Gränze steigert. Möglicher Weise ist die Gränze der Intervalle, bei welcher keine Steigerung mehr stattfindet, für verschiedene Individuen verschieden.

Gestreifte Flächen senden in der Richtung der Streifen mehr Licht zurück als in der darauf senkrechten, weil in letzterm Falle eine theilweise Beschattung eintritt. Man erhält dies deutlich, wenn man in weisse Kreide durch wiederholtes Fortführen über eine Feile ein Gitter hervorbringt. Die auffallendsten Unterschiede treten in diesen Beziehungen an gewissen Platten von Perlenmutter hervor.

Bei einem sehr gleichartigen matten Schliff macht sich doch der Einfluss der Substanz geltend. Eine Messingscheibe gab in dieser Beziehung eine etwas grössere Helligkeit als eine Kupferscheibe.

Hierbei ist die senkrechte Stellung des Instruments vorzuziehen, weil bei der Drehung in horizontale Stellung zugleich die Beleuchtung der andern Seite des photographischen Bildes sich ändert. Umschliessen die Licht zerstreuen den Flächen einen gegebenen Raum wie z. B. die Wände eines Zimmers, so braucht man bei senkrecht stehendem Mikroskop nur den Hohlspiegel nach verschiedenen Theilen derselben zu wenden, um die auffallenden Unterschiede

durch plötzliches Umsetzen des dunkeln in hell zur Anschauung zu bringen.

#### Prüfung leuchtender Körper.

Bei den bisherigen Untersuchungen kam es vorzugsweise darauf an, wie viel von der Helligkeit einer gegebenen Beleuchtung verloren geht, wenn diese der Absorption unterworfen wird. Hier ist das Bedürfnis einer Lichteinheit weniger fühlbar als bei selbstleuchtenden Körpern. Da die Natur uns diese Einheit nicht gegeben, so hat man eine Annäherung zu erreichen gesucht durch sogenannte Normallichter, deren Lichtentwicklung, wenn die Länge der Flamme zwischen Zirkelspitzen gleich erhalten wird, eine ziemlich constante ist, durch argandische Lampen oder Gasflamme aus gegebenen Oeffnungen unter constantem Druck, endlich durch glühenden Platindraht, welcher eine constante galvanische Kette von gegebener Stromstärke schließt. Die hier zurückbleibende Unsicherheit trifft alle photometrischen Methoden in gleicher Weise, wenn verlangt wird, eine gegebene Lichtstärke auf eine absolute Einheit zurückzuführen.

Zunächst scheint es am einfachsten, daß man das horizontale Mikroskop so aufstellt, daß die Sehaxe desselben die Verbindungslinie beider Flammen, deren Intensitätsverhältniß ermittelt werden soll, in dem Punkte schneidet, an welchem das photographische Bild aufgestellt ist. Es ist aber viel zweckmäßiger, das Mikroskop nach einander auf die beiden Flammen zu richten, und die Entfernung derselben so zu verändern, daß das die Vorderseite aus unveränderter Entfernung das Object beleuchtende constante Licht die Schrift zum Verschwinden bringt. Befinden sich beide Lichter in der Verlängerung der Sehaxe des Mikroskops, so erreicht man unmittelbar hintereinander die Wirkung beider Lichter, wenn man zuerst hinter das erste einen Schirm anbringt, welcher das zweite verdeckt, und dann das erste und den Schirm gleichzeitig entfernt. Diefs kann so schnell nach einander erfolgen, daß die Constanz der constant

angenommenen Flamme wirklich als vorhanden angesehen werden kann. Bei weniger hellen Flammen wendet man hier nur eine zwanzigmalige Vergrößerung an. Bei einer einige hundert Fufs entfernten Gasflamme sieht man sehr deutlich den Uebergang der schwarzen Schrift auf weissem Grund in eine helle auf dunkeln, wenn man der Vorderseite eine durch Kochsalz gefärbte Weingeistflamme nähert. Ueber die Lichtschwäche mancher Flammen erstaunt man bei dem Vergleich mit andern. Richtet man das Instrument z. B. nach einer einige Fufs entfernten Stearinkerze, so kann man eine solche Weingeistflamme zwischen das Objectiv des Mikroskops und das photographische Bild einschalten und man sieht durch die Flamme hindurch scharf die schwarze Schrift auf hellem Grund. Bei gröfserer Entfernung verschwindet sie, indem die Schrift durch die vorstehende Flamme vollständig verdeckt wird.

Die Helligkeit des Mondlichtes in verschiedenen Phasen ergibt sich in gleicher Weise. Man richtet das Mikroskop nach ihm und beleuchtet mit einem Licht das Bild von Vorn.

Das Glühen eines galvanischen Kette schließenden Platindrahtes bei verschiedener Stromstärke wird ebenso bestimmt.

Ich hatte vor mehreren Jahren die Gelegenheit auf dem hiesigen Artillerie-Schiefsplatz Versuche zu sehen, bei welchen die Beleuchtung durch Kohlenlicht im Schließungsbogen einer starken galvanischen Säule mittelst eines großen Hohlspiegels verglichen wurde mit der durch steigende Raketen veranlafsten zum Behufe des Erkennens der Arbeiten von Belagerern. Die Vergleichung geschah durch directes Sehen nach der Stelle der aufgestellten Mannschaften. Sie würde viel sicherer erhalten werden, wenn man an dieser Stelle mittelst des Photometers die Beleuchtung einer weissen Fläche ermittelte.

Der Funkenstrom des Conductors einer Elektrisirmaschine zu einem zweiten direct mit dem Mikroskop betrachtet, giebt ein sehr deutliches Bild, welches sich compensiren läßt.

Selbst bei der Entladung einer Kleist'schen Flasche läßt sich die Schrift deutlich erkennen.

Das geschichtete Licht einer sehr schönen Geisler'schen Röhre wurde in ähnlicher Weise untersucht. An die birnförmige Mitte schlossen sich zwei enge Röhren an, welche in den Kugeln mit den eingeschmolzenen Drähten endeten. Das blaue den Draht mit seiner schmalen Lichthülle umgebende Licht war etwas heller als die rothe geschichtete der zunächst liegenden Röhre, und fast genau von gleicher Helligkeit als das in dem zweiten Schenkel, aber viel heller als das in der diesem zunächst liegenden Kugel des anderen Poles.

Das weißlich geschichtete Licht erleuchtet die Schrift zum Erkennen vollkommen hinreichend, sowohl wenn die Röhre mit dem Ruhmkorff'schen Apparat in Verbindung gebracht war oder an den Conductor einer gewöhnlichen Elektrisirmaschine gehalten wurde.

Eine Uförmige Geisler'sche Röhre war an einem ihrer Schenkel mit unter ihrem Einfluß fluorescirenden schwefelsaurem Chinin umgeben. Dieser Schenkel leuchtete stärker als der andere nicht damit umgebene, ein Beweis, daß auch für Fluorescenz der Apparat noch hinlänglich empfindlich ist.

Dagegen blieb das phosphorische Licht hinter meiner Erwartung zurück. Es ist mir nur bei einer von sieben nach Insolation sehr lebhaft leuchtenden Röhre gelungen, die Schrift zu erkennen, freilich in einem ungenügend verfinsterten Zimmer.

#### Lichtstärke optischer Instrumente.

Die Prüfung von Fernröhren erfolgt sehr einfach. Da, wenn das Fernrohr auf einen unendlich weiten Gegenstand eingestellt ist, die Strahlen aus dem Ocular parallel austreten, so wird die Lichtstärke des Fernrohrs bestimmt durch die Helligkeit eines Querschnittes dieses austretenden Lichtcylinders. Das Mikroskop wird nun so aufgestellt, daß während die Oeffnung des Objectträgers die Ocularöffnung bedeckt, die Axe des Mikroskops die geradlinige Verlän-

gerung der Axe des nach dem Himmel gerichteten Fernrohrs ist. Für verschiedene mit einander zu vergleichende Instrumente läßt sich bei heiterm oder gleichförmig bedecktem Himmel dieß rasch nach einander ausführen. Die Bestimmung erfolgt durch Annäherung eines constanten Lichtes an die Vorderseite des photographischen Bildes.

Directes Sonnenlicht zu dieser Beleuchtung der Vorderseite anzuwenden, ist überhaupt nicht praktisch, weil bei so starker Erhellung die Schrift wie Golddruck erscheint, welches die Bestimmung erschwert.

Die Prüfung der Mikroskope geschieht in gleicher Weise.

Die Reflexion von Spiegeln erfolgt nach der bei Zerstreuung rauher Flächen besprochenen Methode. Es ist mir dabei aufgefallen, daß ein sorgfältig polirter Silberspiegel wenigstens unter schiefen Incidenzen auf der Glasseite mehr Licht zurücksendet als auf der metallischen, oder mit andern Worten, daß das Hinzufügen der Reflexion von der äußeren Oberfläche des Glases den Verlust mehr als compensirt, welchen die das Glas belegende Metallfläche durch das Glas erleidet. Den Einfluß dieser äußeren Reflexion bestimmt man, wenn man den Spiegel unter dem Polarisationswinkel des Glases durch das mit dem analysirenden Nicol versehene Ocular betrachtet, so daß das gespiegelte Licht verdunkelt ist. Die Abnahme der Intensität bei vielfältigter Reflexion erhält man am einfachsten durch vermittelst einer Schraube sich nähernde Spiegel, wo die spiegelnde Seite des einen seitlich übergreift über den andern. Die totale Reflexion eines rechtwinkligen Ableitungsprisma erhält man am einfachsten durch Anbringung desselben unter der Oeffnung des Objectträgers des nahe senkrecht stehenden Mikroskops. Dasselbe steht hingegen horizontal bei der Untersuchung eines Spiegelprismas oder der Combination zweier, welche ich Reversionsprisma genannt habe. Da dieß zur Verwandlung des linear polarisirten Lichtes in elliptisches dient, ohne wie bei dem Fresnel'schen Rhomboëder aus der Axe des Instrumentes zu kommen, so kann seine Lichtstärke mit der eines solchen verglichen



werden. Wichtig scheint mir die Methode für Hohlspiegel und Sammellinsen, wegen ihrer Anwendung bei Leuchttürmen mit Reverberen oder Polyzonallinsen. Ich konnte in meiner Wohnung nur die Versuche bis auf 160 Fufs Entfernung ausdehnen, um zu untersuchen, ob durch Parallelismus der Strahlen die Einwirkung der Entfernung eliminiert sey oder nicht, aber die grofse Lichtstärke hat mir die Ueberzeugung gegeben, dafs das Prüfungsmittel auf sehr erhebliche Entfernung anwendbar bleibt. Versuche bei constanter Entfernung eines stationären Lichtes können über die Grenzen des Einflusses der in der Atmosphäre eintretenden Verdunkelungen Aufschluss geben. Das Instrument wirkt hier als Diaphanometer. Ebenso glaube ich, dafs es bei Sonnenfinsternissen ein viel schärferes Bestimmungsmoment der Beleuchtung abgiebt, als die bisherigen Methoden.

Die Lichtstärke der einzelnen Theile des Sonnenspectrums erhält man auf doppelte Weise, indem man direct auf das horizontal gestellte Mikroskop die einzelnen Strahlen auf fallen läfst, oder dasselbe auf die weisse Wand richtet, auf welcher das Spectrum aufgefangen wird. Eine Vergleichung beider giebt den Einfluss der bei rauen Flächen hervortretenden von der Wellenlänge abhängigen Zerstreuung. Hierbei halte ich es für zweckmäfsig als Beleuchtung der Vorderseite der Photographie durch Reflexion das durch eine andere Oeffnung einfallende Sonnenlicht selbst anzuwenden, um dadurch die nach der Durchsichtigkeit der Luft zu verschiedenen Zeiten verschiedene Intensität zu eliminiren.

Polarisationsfarben habe ich auf folgende Art untersucht. Zwischen zwei Nicols wurden Gypsplättchen von  $\frac{1}{4}$  bis  $\frac{1}{4}$  Dicke eingeschaltet, und auf die Oeffnung des obern das photographische Bild gelegt. Bei dem von mir angegebenen Polarisationsapparat geschieht dies einfach, indem derselbe nach Einschaltung der Gypsplättchen wie ein Fernrohr untersucht wird. Die Beleuchtungslinse des Apparats concentrirt eine Lichtflamme auf der Oeffnung des polarisirenden Nicols.

S  
einer  
Objek  
nung  
dem  
der  
bar  
ober  
an a  
Zimm  
F  
habe  
wert  
Ich v  
phot  
wün  
dem  
Bele  
tion  
Helli  
der  
wo  
deru  
komm  
hebl  
den  
Him  
blau  
weis  
dese  
Reis  
rüstu  
eine  
hinzu  
des

Po



## Bestimmung der Helligkeit in einem gegebenen Raum.

Stellt man das senkrecht stehende Mikroskop an irgend einer Stelle des Zimmers auf, so ist die von oben auf das Object fallende Lichtmenge eine mit zunehmender Entfernung vom Fenster schnell abnehmende, während die von dem nach dem Himmel gerichteten Beleuchtungsspiegel nach der Höhe gesendete dieselbe bleibt. Es ist daraus unmittelbar klar, daß das an einer bestimmten Stelle zwischen der oberen und unteren Beleuchtung erhaltene Gleichgewicht an anderen aufhört, und man kann auf diese Weise in dem Zimmer die gleich hellen Flächen auffinden.

Für photographische Aufnahmen und, wie ich gehört habe, auch für augenärztliche Zwecke ist es oft wünschenswerth eine bestimmte Helligkeit in einem Zimmer zu erhalten. Ich will annehmen, daß bei einer bestimmten Tageshelle eine photographische Aufnahme in einer bestimmten Zeit das gewünschte Resultat liefere. Es wird das Mikroskop neben dem Apparat senkrecht aufgestellt und eine Flamme vom Beleuchtungsspiegel so weit entfernt, daß die Compensation erfolgt. Um bei Wiederholung der Aufnahme dieselbe Helligkeit zu erhalten, wird bei gleichbleibender Entfernung der Flamme oder Lampe die Stelle des Zimmers aufgesucht, wo die Compensation eintritt. In der That ist die Veränderung der Helligkeit der Tagesbeleuchtung bei nicht vollkommen heiterm und gleichförmig trübem Himmel sehr erheblich, wovon man sich am besten überzeugt, wenn man den Beleuchtungsspiegel nach verschiedenen Stellen des Himmels wendet, oder die geringe Intensität des von dem blauen Himmel zurückgesendeten Lichtes mit dem eines weißlich bezogenen Himmels vergleicht. Ich glaube eben deswegen, daß das hier angegebene Photometer auch für Reisende anwendbar ist, bei deren wissenschaftlichen Ausrüstung in der Regel ein Mikroskop nicht fehlt, oder da eine so schwache Vergrößerung erheischt wird, leicht ihr hinzugefügt werden kann. Messungen über die Intensität des Lichtes des bei hohem Sonnenstande auf der südlichen

Erdhälfte dieser nähern Sonne verglichen mit auf der nördlichen Erdhälfte bei gleicher Sonnenhöhe angestellten fehlen noch ganz. Da sie bei der erwärmenden Wirkung der directen Insolation so auffallend seyn sollen, so werden sie in den photometrischen Ergebnissen sich ebenfalls bemerklich machen.

Es wird vielleicht zweckmäfsig seyn, behufs dieses photometrischen Verfahrens besondere Photographien anzufertigen. Das Dickson'sche Denkmal enthält wahrscheinlich auf einer Marmorplatte die erhabene Schrift, wodurch die Helligkeit der Buchstaben hier, wo der Schatten mitwirkt, nicht in der ganzen Fläche gleich bleibt, weswegen der Uebergang an den hellern und dunklern Stellen nicht gleichzeitig stattfindet. Bei dem Uebergang erhält man daher den Eindruck, als wenn die Schrift zuerst mit schwarzer Farbe geschrieben wäre, und dann die Buchstaben wiederholt darüber in weißer Farbe. Noch deutlicher tritt dieser verschiedene Uebergang an den erhabenen Stellen des Schildes hervor. Die Photographie einer englischen Banknote zeigt den Uebergang gleichartiger. Die sehr feine Schrift war mir auf die Länge die Augen zu angreifend. Ich möchte daher vorschlagen, eine Copie anzufertigen einer in gleichförmiger Schwärze und Gröfse der Buchstaben ausgeführten Schrift oder eine einfache Zeichnung, etwa die eines schwarzen Kreuzes auf weißem Grund oder die eines schwarzen Ringes auf demselben Grund. Copien von Kupfertafeln u. s. w. eignen sich dazu weniger, denn diefs negative Bild erscheint widerlich barock. Es wird der solche Objecte darstellenden Photographie leicht seyn, hier das Zweckmäfsige zu finden.

Eben so wünschenswerth wäre die Anfertigung passender Schieber mit in einem bestimmten Verhältnifs abnehmenden Oeffnungen.

Ich möchte hier noch eine praktische Anwendung des Verfahrens auf die Beurtheilung von Farbestoffen anführen, welche, wie es z. B. bei dem Indigo der Fall ist, in der Regel nur durch die unmittelbare Betrachtung ihrer Güte

nach  
cher  
auf  
und  
ist b  
aber  
ein r  
durch  
läfst  
welch  
photo  
bestin  
nach  
kelun  
Gläser  
Eigen  
sind i  
gentie

IX.

And  
die so  
chung  
monoc  
das Sp  
unmitt  
stigtes  
cher z  
messer  
auf wi  
1) An

nach beurtheilt werden. Der Eindruck, welchen ein solcher Stoff auf das Auge macht, kommt schliesslich hinaus auf die Menge des Lichts, welches er dem Auge zusendet und auf die Farbe desselben. Eine prismatische Analyse ist bei undurchsichtigen Körpern schwierig anzustellen, nicht aber die durch Absorption. So erscheint Ultramarin durch ein rothes Ueberfangglas betrachtet vollkommen schwarz, durch anders farbige Gläser eigenthümlich gefärbt. Wie? lässt sich schwer scharf beschreiben, aber die Lichtmenge, welche er durch ein solches Glas hindurchsendet, lässt sich photometrisch bestimmen. Handelt es sich darum, einen bestimmten Farbstoff zu bezeichnen, so ist es nur nöthig nach einer der vorher angegebenen Methoden die Verdunkelung zu bestimmen, welche er durch bestimmte farbige Gläser erleidet. Für den praktischen Zweck braucht die Eigenthümlichkeit dieser Gläser nicht bestimmt zu seyn. Sie sind in der Hand des Eigenthümers die ihm bekannten Reagentien für den Farbstoff, welchen er prüfen will.

---

IX. *Ueber Binocularsehen und subjective Farben;*  
*von H. W. Dove.*

(Aus d. Monatsber. d. Akad., Mai 1861.)

---

An die im Bericht 1858 S. 312<sup>1)</sup> mitgetheilten Beweise, dass die sogenannte Hebung durch Brechung oder Doppelbrechung gesehener Gegenstände nur bei binocularer, nicht bei monocularer Betrachtung eintrete, schliesst sich folgender das Spiegelbild eines ebenen Spiegels betreffender Versuch unmittelbar an. Vor ein drei Linien dickes lothrecht befestigtes Planglas wurde eine Pappscheibe gehalten, auf welcher zwei Kreise sich befanden von etwa einem Zoll Durchmesser, einer weiss auf schwarzem Grund, der andere schwarz auf weissem Grund. Die durch die Reflexion von der Vor-

1) Annal. Bd. CIV, S. 325.

der- und Hinterfläche des Glases entstehenden Bilder erscheinen mit einem Auge betrachtet vollkommen in einer Ebene, sowohl die grauen Mondstücke, als die an der Stelle des Uebergreifens eintretenden weissen oder schwarzen Räume. Der Anblick, wenn das bisher geschlossene andere Auge geöffnet wird, ist ein ganz anderer. Die weisse Fläche mit dem schwarzen Fleck macht den Eindruck eines vierseitigen Prismas, durch dessen Mitte ein cylindrisches Loch hindurchgebohrt ist, während die beiden weissen Kreise vor einander zu schweben scheinen und man durch den durchscheinenden ersten auf die Oberfläche des zweiten zu blicken glaubt. Einen noch auffallenderen Anblick gewährt eine aus schwarzen und weissen Vierecken ausgeführte schachbrettartige Zeichnung. Bei binocularer Betrachtung unter einem gewissen Winkel verwandelt sie sich in Reihen neben einander aufgestellter Würfel, deren graue gemeinsame Seitenflächen sich von den abwechselnd schwarzen und weissen Grundflächen unterscheiden.

Eine schöne Modification dieser Versuche erhält man, wenn man das farblose Planglas mit einem gleich dicken farbigen hinten mit Silber belegten vertauscht. Die subjectiven Farben treten hier, wenn die belegte Seite dem Fenster zugekehrt ist, und man die horizontale Pappscheibe in dem unter  $45^\circ$  geneigten Glase betrachtet, besonders bei einem gelben Glase in einer Lebhaftigkeit hervor, wie sie wohl in keiner anderen Weise erhalten werden kann. Bei dem Schachbrett sind hier zwei einander berührende Seitenflächen der Würfel intensiv gelb, die anderen intensiv blau, die Grundflächen abwechselnd schwarz und weiss. Bei monocularer Betrachtung liegt alles in einer Ebene.

Alle zu Irradiationsversuchen angewendeten Zeichnungen zeigen diese Erscheinungen in gleicher Schärfe. Es tritt dabei recht deutlich hervor, wie die bei den sogenannten farbigen Schatten hervortretenden Farben viel zweckmäßiger erhalten werden, wenn man weisse Flächen auf dunklem Grund anwendet. Das ganze Gebiet der farbigen Schatten ist der prismatischen Analyse eines schwarzen Fleckes auf

weisse  
Mitsv  
sey.  
gon  
man  
nung  
biges  
sehen  
Hierb  
subje  
Modi  
jectiv  
folgen  
der  
zem  
ersch  
dem  
Schir  
felde  
Spur

Le  
Com  
druck  
lebha  
einer  
ander  
auf v  
ist a  
entsp  
die V  
und  
conn  
Jour  
reosk  
toren

weißem Grund zu vergleichen und führt so leicht zu dem Mißverständniß, daß der Schatten hier etwas wesentliches sey. In gleicher Weise ist es zweckmäßig, das von Ragona-Scina angegebene Verfahren so zu modificiren, daß man auf einer schwarzen Grundfläche zwei weiße Zeichnungen legt und diese durch ein senkrecht gehaltenes farbiges Glas betrachtet, so daß die durch Spiegelung gesehene Zeichnung die durch Brechung gesehene schneidet. Hierbei tritt überall unmittelbar hervor, daß da wo die subjective Farbe die objective deckt, Weiß erscheint. Die Modification der subjectiven Farbe durch eine bei der objectiven mitwirkende andere erhält man sehr deutlich auf folgende Weise. Man betrachtet in einem mit Carthamin auf der einen Seite belegten Glase eine weiße Figur auf schwarzem Grund. Verdeckt man die Rückseite des Glases, so erscheint ein lebhaftes subjectives bläuliches Rosa neben dem zurückgespiegelten Grün. Nimmt man den hintern Schirm hinweg, so erscheint in dem nun tiefrothen Gesichtsfelde das Grün gelb, während in dem subjectiven Roth jede Spur von Blau verschwunden ist.

#### Ueber den Glanz.

Ich habe früher nachgewiesen, daß durch stereoskopische Combination einer weißen und schwarzen Fläche der Eindruck einer glänzenden Fläche hervorgerufen wird, noch lebhafter aber, wenn vor ein Auge ein tief farbiges Glas einer bestimmten Farbe gehalten wird, vor das andere ein anders farbiges, und dann eine raue Fläche betrachtet wird, auf welcher in der einen Farbe eine Zeichnung ausgeführt ist auf einem Grunde, welcher der Farbe des anderen Glases entspricht. Diese zweite Art der Darstellung beweist, daß die Vorstellung der Körperlichkeit hier ohne Einfluß ist, und dieß hat neuerdings Hr. Rood (*upon some experiments connected with Dove's theory of luster*; Silliman's Amer. Journal 1861 Mai S. 339) bestätigt, da die von ihm im Stereoskop combinirten Bilder die verschieden gefärbten Sectionen eines Kreises waren. Daß bei dem durch Farben

hervorgerufenen Glanz, welcher bei einem blau und rothen Glase so lebhaft wird, daß die rothe Fläche den Eindruck vollkommen polirten Kupfers macht, nicht das Bedingende in dem Helligkeitsunterschiede liegt, habe ich früher dadurch gezeigt, daß er lebhafter wird, wenn ich die hellgelb und tiefblau gemalte Schnittfläche einer abgekürzten Pyramide statt mit bloßem Auge, durch ein vor beide Augen gehaltenes tiefblaues Glas betrachtete, welches den Helligkeitsunterschied beider Pigmente natürlich verminderte. Das von mir aufgefundene photometrische Verfahren hat dieß vollkommen bestätigt, und man kann sich, wenn man die verschieden farbigen Gläser, welche vor den beiden Augen stehen, abwechselnd neigt und dadurch das gegenseitige Verhältniß ihrer Dicke verändert, auch ohne Messungen überzeugen, daß der Glanz sich zwar immer mit dem Intensitätsverhältniß des zusammenwirkenden Lichtes modificirt aber stets vorhanden ist, selbst in dem Falle, wo die im Allgemeinen verschiedene Intensität beider Farben durch die Gleichheit hindurchgeht. Die von mir gegebene Erklärung des Glanzes, daß er entstehe durch äußerlich gespiegeltes Licht in Verbindung mit innerlich gespiegeltem oder zerstreutem, halte ich den dagegen gemachten Einwürfen gegenüber entschieden fest. Ich kann nicht zugeben, was Brücke behauptet<sup>1)</sup>, daß eine total reflectirende Fläche glänzt, denn eine weiße Scheibe auf schwarzen Grund erscheint in einem Ablesungsprisma betrachtet ohne allen Glanz, der natürlich hervortritt, wenn das reflectirte Licht von einer bereits glänzenden Fläche kommt; ja dieser Glanz kann dann lebhafter erscheinen neben einer dunklen Fläche, als wenn wir ihn gleichförmig auf einer großen Fläche verbreitet direct betrachten. Schon die Bezeichnung Metallganz, Glasganz, Fettganz, Perlenmutterganz u. s. f. deutet darauf, daß das Mitwirken eines vom Körper ausgehenden (zerstreuten) Lichtes, nicht bloß äußerlich gespiegeltes, nöthig ist, um Glanz zu erzeugen. Einen vollkommenen Spiegel sehen wir nicht, nur andere Körper in ihm. Der Ausdruck, der Glanz blendet, deutet ohnehin darauf, daß ein Licht ver-

1) Sitzungsab. d. Wien. Akad. Bd. XLIII, S. 177.

hindert ein anderes Licht deutlich zu sehen. Eben das aus verschiedenen Entfernungen auf unser Auge fallende Licht bestimmt den eigenthümlichen Glanz des tiefblauen Himmels. Dafs das bei der äufseren Reflexion mitwirkende Licht nicht nothwendig zerstreutes Licht seyn mufs, sondern auch gespiegeltes seyn könne, zeigt der Perlenmutterglanz übereinander gelegter Glasplatten, der des an den Metallglanz streifenden aufgeblättern Glimmers, wobei der nicht vollständige Parallelismus der Flächen den allmählichen Uebergang zur Zerstreuung bildet. Den Uebergang zum Glanz bilden die sogenannten Erscheinungen des Wettstreites, wenn man mit zwei vor beide Augen gehaltenen verschieden farbigen Gläsern eine weisse Fläche auf schwarzem Grund betrachtet. Noch lebhafter tritt dies hervor, wenn man zwei weisse Flächen durch ein senkrecht gestelltes farbiges Glas betrachtet, eine weifs (schwach subjectiv gefärbt) durch Reflexion, die andere farbig durch Refraction, und nun plötzlich das weisse Bild durch ein dazwischen gehaltenes farbiges Glas färbt. Die vorher gesehene Farbe flammt dann in ungewöhnlicher Lebhaftigkeit auf. Rood bemerkte auch Glanz, wenn er verschieden farbige Pigmente nach der Helmholtz'schen Methode auf diese Weise durch ein farbloses Glas zum Decken brachte, was ich nicht habe finden können. Aber auf eine andere Weise habe ich denselben bei monocularer Betrachtung erhalten.

Modificirt man das Helmholtz'sche Verfahren der Farbenmischung durch Verschiebung kleiner farbiger Flächen, welche man in einem durchsichtigen Glase durch Spiegelung und Brechung zum Decken bringt in der Weise, dafs man an der Berührungsgränze grosser farbiger Flächen eine grosse durchsichtige Platte aufstellt, so erhält man auf einen Blick Farbenmischungen, wie auf einem Farbenkreisel, wenn man das Sectorenverhältnifs der beiden Farben in concentrischen Ringen continuirlich abändert<sup>1)</sup>. Ich vertauschte nun die

- 1) Combinirt man Gelb und Blau, so erhält man Grün, wenn man die Scheibe auf einer dem Durchmesser parallelen Sehne aufstellt an dem auf den dunklen Grund übergreifenden Mondstück, aber nur an diesem.



farblose Platte mit einer großen tiefblauen, und stellte diese auf den Durchmesser einer Kreisscheibe, deren eine Hälfte roth, die andere weiß war und zwar so, daß die weiße Fläche durch Refraction blau gesehen wurde. Hier verändert sich das Verhältniß beider Farben in einer andern Weise als bei einer farblosen, indem die mit der Schiefe sich steigernde Absorption zugleich der zunehmenden Reflexion entgegenwirkt. Der Anblick erinnerte lebhaft an den Anblick violetten Sammetes auch bei monocularer Betrachtung.

Dies scheint nun ein Moment abzugeben bei dem Eindruck, welchen eine glänzende Fläche hervorrufft. Das aus dem Innern zum Auge gelangende zerstreute Licht bleibt nach allen Richtungen dasselbe, während das gespiegelte mit der Schiefe der Incidenz ununterbrochen zunimmt. Daher erscheint eine größere glänzende Fläche in ihrer ganzen Ausdehnung nie gleichartig und dies tritt eben am Sammet am deutlichsten hervor. Matte Flächen gehen daher durch Glanz in spiegelnde über, das Wesentliche desselben ist aber eben das Zusammenwirken beider Lichtquellen, und die spiegelnde Fläche ist daher eben so wenig eine glänzende, als die die andere Gränze bezeichnende matte. Warum eine spiegelnde Oberfläche das eine Glied der Combination bilden muß, leuchtet unmittelbar ein, denn da, wenn wir in einen Spiegel blicken, das Auge sich nicht der Entfernung des Spiegels anpaßt, sondern der Summe der Abstände der sich spiegelnden Gegenstände vom Spiegel und der Entfernung dieses vom Auge, für das zerstreute Licht sich aber das Auge dem zerstreuenden Körper selbst anpaßt, so wird eben dadurch dem Auge eine Aufgabe gegeben, die es nur in der unbestimmten Vorstellung des Glanzes zu lösen vermag.



X. *Ueber die Anwendung des Arragonits als  
Polarisator; von H. W. Dove.*

---

Die von mir früher der Akademie mitgetheilte Beobachtung, dafs in den Zwillingen des Arragonits aufser den ohne vorläufige Polarisation und Analyse um die optischen Axen erscheinenden Ringsystemen auch die Interferenzstreifen sich zeigen, welche in einem Nicol'schen Prisma an der Gränze der totalen Reflexion des einen Strahles hervortreten, führte mich darauf, dafs der Arragonit mit Erfolg als Polarisator angewendet werden könne. Ich liefs daher Prismen von  $45^\circ$  schleifen, deren Kante parallel den Säulenflächen ist. Durch ein Crownglasprisma von  $30^\circ$  wird diefs eine Bild achromatisirt, durch eins von  $45^\circ$  vertheilt sich die dann schwache prismatische Färbung auf beide Bilder. In einem solchen Prisma treten die Bilder im Verhältnifs von 3:2 weiter aus einander als in einem durch ein Glasprisma von  $45^\circ$  achromatisirten Kalkspathprisma, welches für die Anwendung zu mikrometrischen Vorrichtungen wichtig ist. Ein solches Arragonitprisma mit Glasprisma von  $45^\circ$  in meinen Polarisationsapparat statt des polarisirenden Nicols eingesetzt, erweitert das Gesichtsfeld wegen geringerer Längendimension und gröfserer seitlicher Oeffnung erheblich bei einer Lichtstärke, welche die stärkste Verdunkelung durch absorbirende Gläser verträgt und die dunklen Ringsysteme bei Beleuchtung einer gelben Weingeistflamme in gröfster Schärfe zeigt. Als analysirende Vorrichtung ist es zweckmäfsiger, das durch ein Glasprisma von  $20^\circ$  compensirte Arragonitprisma anzuwenden, weil hier für das eine Bild die Achromasie vollständig ist.

Das von mir construirte Prisma hat vor dem Kalkspathprisma den Vorzug, dafs die Aufsuchung der Axe hier ohne alle Schwierigkeit durch die Krystallgestalt erfolgt und dafs man daher, um mich so auszudrücken, jedes Stück des Krystalls ganz verwertben kann. Die Trennung der Bil-

der ist außerdem so erheblich, daß man für die Zwecke der analysirenden Vorrichtung, besonders wo Gegenstände aus der Weite des deutlichen Sehens betrachtet werden, dem Apparat eine so geringe Längendimension geben kann, daß er fast die einer Turmalinplatte erreicht.

# XI. Zum körperlichen Sehen; von Dr. F. v. Recklinghausen.

Als ich in einem früheren Aufsätze (zur Theorie des Sehens, (diese Annal. Bd. 110, S. 65) die Ansicht aufstellte, daß das von Hrn. Prof. Dove in den Berichten der Berliner Akademie 1841, S. 352 mitgetheilte, bekannte Experiment gegen die Brücke'sche Theorie des stereoskopischen Sehens nicht beweiskräftig sey, war mir leider die Beschreibung desselben, welche Hr. Prof. Dove in seiner Darstellung der Farbenlehre und optische Studien 1853, S. 163 gegeben hat, nicht bekannt.

Meine Zweifel stützten sich hauptsächlich auf Folgendes. Bei der Betrachtung stereoskopischer Figuren während sehr geringer Zeitdauer, z. B. mittelst des Volkmann'schen Tachistoscops, konnte ich keinen körperlichen Effect wahrnehmen, wenn jene Figuren für ein Auge keine körperliche Wirkung hatten, wenn in ihnen also nur die Existenz der Doppelbilder zur Geltung kam. Diesen Anforderungen genügen z. B. die Dove'schen Druckproben; die beiden Kreise mit schräg gestellten Pfeilen, am einfachsten zwei Paare von Punkten mit ungleichem Abstand.

Nachdem ich später durch Hrn. Prof. Dove (Zur Stereoskopie, diese Annal. Bd. 110, S. 494) auf die angeführte Beschreibung aufmerksam gemacht war, habe ich wesentlich mit Anwendung des allerdings wohl kaum zu ersetzenden elektrischen Funkens vielfältige weitere Experimente

angestellt, lange Zeit ohne ein entscheidendes Resultat zu bekommen. Endlich gelangte ich zu der folgenden Modification des Dove'schen Experiments mit dem kreisförmig polirten Metalldeckel.

Stellt man eine Biconvexlinse von etwa 2 Zoll Radius so zu einer Flamme, daß man sowohl von der vorderen, wie von der hinteren Fläche ein Spiegelbild erhält, so nimmt man beim Sehen mit zwei Augen eine bedeutende Tiefendistanz zwischen den Spiegelbildern wahr. Letztere schwindet bei hinreichender Entfernung zwischen Linse und Beobachter vollständig, wenn nur ein Auge zur Beobachtung verwandt wird. Schließt man abwechselnd ein Auge, so bemerkt man den großen Unterschied in dem seitlichen Abstände, welcher zwischen den vom linken und den vom rechten Auge aufgenommenen Spiegelbildern existirt, man überzeugt sich somit von der vorhandenen starken Verschiebung der Doppelbilder beim binocularen Sehen. Benutzt man nun statt der Flamme den elektrischen Funken zur Erzeugung der Spiegelbilder, so erhält man ganz dieselben Resultate; bei der Betrachtung mit zwei Augen ist der körperliche Effect nahezu unverkürzt, sogar dann, wenn man, was allerdings bei hinreichender Uebung der Fall ist, die Doppelbilder erkennt. Man könnte sich nun noch den Einwurf machen, daß hier erst aus mehreren einzelnen Beobachtungen während einer Reihe von elektrischen Funken der körperliche Eindruck schliesslich combinirt wird; aber auch dieses ist unhaltbar, da selbst für ganz Ungeübte ein elektrischer Funke genügt, um sie über die Tiefendistanz der Spiegelbilder genau zu orientiren.

Nach diesem Resultat sah ich mich genöthigt, die Experimente mit den stereoskopischen Zeichnungen wieder aufzunehmen. Da nun die Beobachtung solcher stereoskopischer Figuren, welche den oben gestellten Anforderungen entsprachen, auch bei der Beleuchtung mit dem elektrischen Funken keine körperliche Wirkung ergab, so suchte ich das Experiment zu vereinfachen. Da wir nämlich zur Erzielung einer stereoskopischen Wahrnehmung wenigstens

zwei einander entsprechende Punkte der beiden Zeichnungen in dem gemeinschaftlichen Gesichtsfelde zur Deckung bringen müssen, bei den gewöhnlichen stereoskopischen Zeichnungen hierzu aber mit wie ohne Stereoskop ein gewisser Zeitaufwand und einige Anstrengung erforderlich ist, so mußte ich zugeben, daß im Momente des elektrischen Funkens möglicherweise die Schwierigkeiten zu groß seyn könnten, um jene Vereinigung zu gestatten.

Zu dem Zwecke verklebte ich je das eine Ende zweier 1 Zoll weiter Pappröhren, stach in die Deckel je zwei feine Oeffnungen mit ungleichem Abstand und verklebte dieselben mit geöltem Postpapier. Beide Röhren wurden nun so an einander befestigt, daß beim Hineinsehen in die offenen Enden ihre Axen sich in einer Entfernung von 12 bis 18 Zoll vor dem Antlitz schnitten und gleichzeitig die Stichöffnungen sämmtlich horizontal, resp. in der Visirebene lagen. Die Beleuchtung der vier Stichöffnungen ergibt bei dieser Beobachtungsweise zwei in verschiedener Tiefe stehende Lichtpunkte, indem je zwei zu einem einzigen combinirt werden. Diese Combination geschieht hier aber mit großer Leichtigkeit, da einerseits alle anderen Objecte zur Orientirung abgesperrt sind, andererseits der angewandte Convergenzwinkel wohl der bequemste seyn dürfte. Mit diesem Apparat konnte ich nun die Tiefendistanz bei der elektrischen Beleuchtung schon nach Anwendung eines einzigen Funkens wahrnehmen; Anderen gelang es ebenfalls, den Meisten erst nach mehreren Funken. Auch hier ist es leicht, den körperlichen Effect gleichzeitig mit den Doppelbildern zu erkennen.

Nach diesen Beobachtungen muß ich Hrn. Prof. Dove zugeben, daß die einfache Existenz von Doppelbildern zu einer körperlichen Wirkung genügt, daß eine Veränderung des Convergenzwinkels behufs der Vereinigung der Doppelbilder nicht absolut nothwendig, daß also die Brücke'sche Theorie in so weit unhaltbar ist, als sie jene Winkelveränderung zum Zustandekommen eines binocularen körperlichen Effectes durchaus erforderlich betrachtet. Hier-

mit  
kels  
tung  
hen  
gen  
Bd.  
Dop  
eint

X

V  
find  
vol  
von  
sov  
des  
im  
kel  
ein  
um

sin  
Be  
hin

set  
mu  
ch  
kel  
mi

mit darf aber weder der Veränderung des Convergenzwinkels, noch der Vereinigung der Doppelbilder jede Bedeutung für das körperliche, wie für das stereoskopische Sehen abgesprochen werden. Die Wichtigkeit des Convergenzwinkels ist bekanntlich von H. Meyer (diese Annal. Bd. 85, S. 198) bereits bewiesen, die der Vereinigung der Doppelbilder, welche mit der Veränderung dieses Winkels eintreten muß, mindestens sehr wahrscheinlich.

---

## XII. Ueber die Gesetze der Polarisation durch einfache Brechung; von Dr. Fr. Pfaff.

---

Wenn man die Lehrbücher der Physik nachschlägt, so findet man in allen den Satz aufgestellt, daß das Licht am vollständigsten polarisirt sey, wenn es unter einem Winkel von  $35^{\circ} 24'$  auf Glas auffalle, und daß in diesem Falle sowohl der reflectirte als auch der hindurchgehende Theil des Lichtes ein Maximum der Polarisation zeige, wenigstens im Vergleiche mit dem Lichte, welches unter andern Winkeln auffalle. Das hindurchgehende Licht müsse aber durch eine größere Reihe paralleler Glasplatten hindurchgehen, um sich vollkommen polarisirt zu zeigen.

Diese Angaben in Beziehung auf das durchgehende Licht sind aber vollkommen unrichtig, und liefern einen neuen Beweis, wie sich irrthümliche Behauptungen oft lange Zeit hindurch zufällig in der Wissenschaft forterben können.

Das durch sehr einfache Versuche zu constatirende Gesetz über die Polarisation des einfach gebrochenen Strahls muß nämlich heißen: *die Polarisation eines einfach gebrochenen Lichtstrahls nimmt zu mit der Abnahme des Winkels, unter dem er auf die brechenden Platten auffällt, und mit der Zunahme der Plattenzahl.*

Die Polarisation ist also abhängig 1) von der Winkelgröße, 2) aber auch, wie bisher bekannt, von der Plattenzahl.

In welchem Verhältnisse nun diese beiden bestimmenden Factoren stehen, darüber mögen die folgenden Versuche einigen Aufschluß geben, deren weitere Ausdehnung noch andere Fragen, die hiebei auftauchen, beantworten sollen. Der Apparat, dessen ich mich zu meinen Versuchen bediene, ist sehr einfach.

Eine innen geschwärzte Röhre hat als Ocular einen Nicol vor dem eine senkrecht zur Axe geschliffene Quarzplatte angebracht ist, das vordere (dem Objectiv entsprechende Ende) ist nur in der Richtung der Sehaxe mit zwei kleinen runden Oeffnungen versehen, die horizontal gestellt 5<sup>mm</sup> von einander entfernt angebracht sind. Vor diese Oeffnungen nun kommen auf einem besondern mit zwei Säulen versehenen Stative um eine horizontale Axe bewegliche Rähmchen zu stehen, auf welche die Glasplättchen gelegt werden. Jede Säule hat eine solche Axe, an der ein Zeiger befestigt ist, welcher an einer Kreiseintheilung die Drehung der Platten zu messen erlanbt. Die Glasplättchen sind rechteckig aus dem feinsten sogenannten Birminghamer Glas geschnitten. Die Beobachtung erfolgte nun in der Weise, daß auf eine weiße von der Sonne beschienene Wand die Axe des Instruments gerichtet wurde. Als dann wurde nach Umständen auf eine oder beide Rähmchen Glasplättchen gelegt und dieselben so gestellt, daß sie durch die feine runde Oeffnung betrachtet zu einer Linie verkürzt erschienen, ihre Ebenen also mit den Sehaxen zusammenfielen. Jetzt wurde der Stand des Zeigers notirt und sodann die Drehung der Platten vorgenommen. Auf diese Weise ist es nun sehr einfach zunächst zu erkennen, daß in der That mit dem Wachsen des Winkels unter dem der Lichtstrahl auffällt, die Polarisation abnimmt. *Eine einzige Platte polarisirt das Licht ebenso stark, wenn der Lichtstrahl einen Winkel von 6° mit ihr macht, als sieben Platten, die unter dem sogenannten Po-*

laris  
Das  
sehr  
mir  
gleich  
nung  
solch  
desw  
cols  
Auge  
schie  
den  
A  
reihe  
für e  
Absc  
ten d  
giebt  
platte  
strah  
ten e  
inten  
eine  
fiel,  
folge

larisationswinkel von  $35^{\circ} 24'$  von ihm getroffen werden. Das Instrument erlaubt nämlich das Maafs der Polarisation sehr genau zu bestimmen; sie wurde nämlich als gleich von mir angenommen, wenn durch die mit einander zu vergleichenden polarisirenden Vorrichtungen die beiden Oeffnungen mit gleicher Intensität gefärbt erschienen. Zu einer solchen Schätzung eignet sich aber eben eine Quarzplatte deswegen so vortrefflich, weil bei einer Drehung des Nicols immer andere Farben zum Vorschein kommen, das Auge dadurch also nie abgestumpft wird, und man alle verschiedenen Farben zum Vergleiche nach einander anwenden kann.

Auf Taf. II Fig. 18 sind graphisch zwei Beobachtungsreihen dargestellt, welche das Verhältnifs der Polarisation für einfache Platten und Plattenpaare darstellen. Auf der Abscissenaxe sind die Zahlen der Platten auf den Ordinaten die Drehungswinkel angegeben. Die ausgezogene Curve giebt an, wie stark die Polarisation einer einzigen Glasplatte sey, auf die unter einem Winkel von  $6^{\circ}$  der Lichtstrahl auffällt, verglichen mit der, welche durch mehr Platten erreicht wird. Es ergab nämlich die Beobachtung gleich intensive Färbung der beiden Oeffnungen, vor deren einer eine Platte so gerichtet war, dafs der Strahl unter  $6^{\circ}$  auffiel, wenn 2, 3... Platten so geneigt waren, wie es die folgende Tabelle ergibt.

Eine Platte bei  $6^{\circ}$  polarisirt gleich stark wie

2 Platten bei  $12^{\circ}$

3 " " 18

4 " "  $22\frac{1}{2}$

5 " "  $27\frac{1}{2}$

6 " "  $31\frac{1}{2}$

7 " " 36

8 " " 39

9 " " 42

10 " " 45

12 " "  $48\frac{1}{2}$



Zwei Platten bei 6° polarisiren gleich stark wie

4 Platten bei 15°

6 " " 26

8 " " 34½

10 " " 40½

12 " " 43½

14 " " 45½

Es ergeben sich aus diesen Zahlen, die fast genau den aufgezeichneten Curven entsprechen, zunächst, daß die Zahl der Platten und die Stärke der Polarisation nicht in einem einfachen Verhältnisse stehen, daß im Anfange mit der Zahl der Platten allerdings die Polarisation rasch zunimmt, daß aber dann nur ein sehr geringer Zuwachs der Stärke stattfindet. Das geht auch sehr deutlich aus der Curve für die Plattenpaare hervor.

In Beziehung auf die Abnahme der Polarisation mit dem Wachsen des Winkels findet ein ähnliches Verhältniß statt, daß nämlich ebenfalls kein einfaches zwischen der Drehung und der Abnahme sich ergibt. Ich konnte bis jetzt noch kein sicheres in Curven darstellbares Gesetz finden, was darin mit seinen Grund hat, daß bei einer oder selbst zwei und drei Platten die Polarisation mit dem Wachsen des Winkels so rasch abnimmt, daß es dann schwer ist, bei der geringen Intensität der Färbung sichere Schätzungen vorzunehmen. Aus meinen bisherigen Beobachtungen ergibt sich wenigstens kein Parallelismus der Curven für eine oder zwei Platten, die für 6°, 12°, 18°, 24° derselben construiert sind. Beobachtet man einfach durch die kleinen Oeffnungen die Farbenintensität, so ergibt sich, daß schon bei 35° Neigung einer Platte zum Strahl kaum mehr Farben wahrgenommen werden können, nimmt man aber den (Objectiv-) Verschluss der Röhre hinweg, so daß man die ganzen Platten übersehen kann, so bemerkt man noch beim Drehen des Nicols schwache Farbenwandlungen für



1	Platte bei	55°
2	" "	63½
3	" "	70
6	" "	75
10	" "	80 — 83°

Diese Zahlen möchten wohl ziemlich die Gränzen angeben, bei welchen mit dieser Vorrichtung noch Polarisation des Lichtes wahrzunehmen ist.

Aehnliche Resultate erhält man auch, wenn man bei einem Nörremberg'schen Polarisationsapparate Glastäfelchen als Analyser anwendet und es möchte dies die einfachste Art seyn, um sich ohne Weiteres davon zu überzeugen, daß mit dem Abnehmen des Winkels, unter dem ein Lichtstrahl eine Glasplatte trifft, die Polarisation zunimmt.

### XIII. *Ueber die Abhängigkeit der Verdunstung von der Gröfse der exponirten Oberfläche;* von C. G. Reischauer.

Man hat sich gewöhnlich damit beschieden, die von einer Flüssigkeitsoberfläche ausgehende Verdunstung schlechtweg proportional der Gröfse der exponirten Oberfläche anzunehmen. In den Fällen der Praxis ist indess die Verdunstung fast immer eine Function einer Menge von Nebeneinflüssen, wie Luftbewegung u. s. w., die auf verschiedene Oberflächen offenbar von keinem der Gröfse der letzteren proportionalen Einflüsse sind. Wenn ein Luftstrom über eine exhalirende Oberfläche hinstreicht, so wird er am Rande, wo er dieselbe betritt, sich sofort mit resp. Wasserdunst schwängern, und in der sich nun bereits unter einem größern Dunstdruck befindenden Luftschicht wird bei ihrem

Gänge über die Verdunstungs Oberfläche offenbar auch eine langsamere oder schwächere Wasserabgabe der letzteren statthaben. Wie sehr diese Einflüsse von Belang sind sollen die angefügten Belege darthun. Wie allgemein man dieselbe aber auch vernachlässigte, beweist die noch verhältnißmäßig neue Darlegung dieses Verhältnisses seitens eines namhaften Gelehrten <sup>1)</sup> in den Worten: »Man weiß, daß Flüssigkeiten proportional ihrer Oberfläche verdampfen« und weiter »wenn zwei Pfund Wasser aus einer Schüssel mit 1 □ Fufs Oberfläche binnen 30 Stunden verdunsten, so verdunsten sie bei einer Ausbreitung auf 1800 □ Fufs binnen einer Minute«. In nicht bewegten Medien (im Exsiccator, Vacuum etc.) wird sich der wirkliche Erfolg allerdings wohl ziemlich diesem Gesetze anpassen; ganz anders aber wird das Resultat unter den gewöhnlichen Umständen eines über die Verdunstungs Oberfläche hinstreichenden Luftstroms sich herausstellen.

Für atmidometrische Beobachtungen ist ein derartiger Irrthum von größtem Einflusse. Verdunstungsatmometer verschiedener Gröfsen werden stets stark, ja wie unsere Belege zeigen werden, bis zur völligen Unbrauchbarkeit von einander abweichende Werthe der Verdunstung angeben. Atmidometer verschieden großer oder verschieden gestalteter Oberflächen behufs der Vergleichung unter der obigen Voraussetzung der Proportionalität zwischen Verdunstung und Oberflächen, etwa wie üblich auf 1 Quadratdecimeter oder 1 Quadratmeter Oberfläche zu reduciren, würde unter Umständen zu aller exacten Forschung gradezu hohnlachenden Werthen führen. Es würde wohl äußerst schwer halten sämtliche Nebeneinflüsse, denen das Atmidoskop ausgesetzt ist, in einer Weise vollständig zu beherrschen, die eine derartige Reduction zuliefse, woher dann die Atmidometrie überhaupt noch einen sehr niedrigen wissenschaftlichen Standpunkt inne hat. Es ist schade, oft mit großem Fleiße durchgeführte atmidometrische Bestrebungen an der Vernachlässigung der berührten Abhängigkeit scheitern zu sehen. Noch

1) Dingler, polytechn. Journ. Jahrg. 1851, S. 200.

aus der jüngsten Zeit datirt eine umfassende Arbeit über dieses Thema, deren Ausführung auf den größten Eifer für die Sache und den ausdauerndsten Fleiß schliessen läßt: die von der Rostocker philosophischen Facultät gekrönte Preisschrift des Hrn. St. med. F. E. Schulze<sup>1)</sup>, in welcher runde Atmometer von etwa 2 Quadratdecimeter und 0,5 Quadratdecimeter und quadratische von 1 Decimeter verglichen werden. Dieselbe, 12 an der Zahl, waren außerdem zum Theil mit verschiedenen Erdarten und Gewächsen beschickt, wodurch sie offenbar noch besonderen Complicationen unterlagen.

Es ist indess nicht unsere heutige Aufgabe, diese Verhältnisse speciell vom Standpunkte des Meteorologen aus zu erörtern; sie werden vielleicht selbst durch diese Notiz zu einigen directen Versuchen veranlaßt. Wir hatten schon im Frühling 1856 uns ernsthaft mit dieser Frage befaßt und ihre Lösung damals von rein physikalischer Seite angestrebt, mußten jedoch der Ungunst der Verhältnisse unterliegend davon abstehen und geben daher in der vorliegenden Mittheilung nur einige auf die Verhältnisse, in denen die spontane Verdunstung in dem engeren Kreise des Laboratoriums zur Verwendung gelangt, abzielende Belagversuche wieder, die indess über ihr begränzteres Feld wohl ein hinlänglich klares Bild entwickeln und vielleicht für eine weitere Ausdehnung des Studiums der berührten Abhängigkeit der Verdunstung anderweitig als Anregung dienen.

Speciell interessiren uns hier also nur die Fälle, wie sie in der Praxis des Laboratoriums vorkommen, und die sich als concrete Einzelfälle leicht experimentell verfolgen ließen.

Drei flache runde Glasgefäße von verschiedenem Durchmesser wurden nach dem Füllen mit Wasser bis nahe zum Rande, um den Einfluß der Höhe der Gefäßwandung, der namentlich von Bedeutung ist, möglichst herabzustimmen, einfach durch Aussetzen an die Luft im Laboratorium, wie in

1) Beobachtungen über Verdunstung im Sommer 1859. Eine von der philosophischen Facultät zu Rostock gekrönte Preisschrift. Rostock, Druck von Adler's Erben.

den gewöhnlichen Fällen der spontanen Verdunstung dieser unterworfen. Wir wollen der Kürze halber diese drei Gefäße, der wachsenden Größe ihrer Oberfläche nach, durch *A, B, C* bezeichnen. Die freie Oberfläche des darin exponirten Wassers ergab sich zu:

	Durchmesser	Oberfläche
<i>A</i>	41,7 Millim.	1365,7 □ Millim.
<i>B</i>	69,5     "	3793,7     "
<i>C</i>	97,8     "	7512,2     "

Die Gewichtsverminderung durch freiwillige Verdunstung der am 25. October in einem Dreiecke von etwa 1 Fuß Seite aufgestellten Gefäße (Atmidometer) ergab sich nun nach fünf Tagen durch Wägungen:

Gefäß <i>A</i> , vor der Exposition	92	Grm.
"      nach derselben	85,97	"
D. h. Abnahme	6,03	"
Gefäß <i>B</i> , vor der Exposition	105	"
"      nach derselben	89,11	"
D. h. Abnahme	15,89	"
Gefäß <i>C</i> vor der Exposition	230,00	"
"      nach derselben	202,86	"
D. h. Abnahme	27,14	"

Es handelt sich nun darum diese durch die Beobachtung gefundene Daten untereinander zu vergleichen. Wählt man in dieser Absicht für die Verdunstungswerthe in allen drei Gefäßen als gemeinschaftliches Maafs eine Oberfläche von 1 □ Decim., wie man es wohl für meteorologische Beobachtungen zu thun pflegt, so ergibt sich die dafür aus den drei Atmidometern, unter der Voraussetzung der Proportionalität zwischen Verdunstung und Oberfläche abgeleitete Dunstbildung wie folgt:

In <i>A</i> lieferte 1 □ Decim.	44,5	Grm.
" <i>B</i> "     "     "	41,89	"
" <i>C</i> "     "     "	36,13	"

Aus einem Vergleich dieser Zahlen erhellt schon, wie weit die größere Oberfläche im Verhältniß hinter der kleinern in ihrer Dunstlieferung zurückblieb. Letztere (*C*) fand

sich schon bei diesem geringen Gröſſenunterschiede um etwa  $\frac{2}{3}$  herabgestimmt, sie lieferte um  $\frac{2}{3}$  Wasserdampf weniger als bei stattfindender Proportionalität sich aus dem kleinen Gefäſſe (A) würde abgeleitet haben.

Noch anschaulicher dürfte dieses Verhältniſſe werden, wenn man die Oberfläche des kleinen Gefäſſes gleich 1 setzt und als Maafs der Verdunstung in den beiden verglichenen Gefäſſen benutzt. Man erhält alsdann für das Verhältniſſe der drei Oberflächen:

Oberfläche von A	1
" " B	2,7778
" " C	5,5005.

Dagegen verhalten sich die diesen Oberflächen zugehörigen Verdunstungen, die im kleinen Gefäſſe auch wieder = 1 gesetzt, wie:

Verdunstung in A	1
" " B	2,6351
" " C	4,5008.

Ein vergleichender Blick auf die beiden Reihen von Zahlenverhältnissen, beweist wieder leicht, wie rasch die Dunsterzeugung bei wachsender Oberfläche abnimmt. Während in runden Zahlen

die Oberfläche wuchs wie 100 : 278 : 550

wuchs die Dunstmenge wie 100 : 264 : 450.

Ein analoges Resultat lieferte eine zweite Versuchsreihe mit denselben drei Gefäſſen, wobei die Exposition vom 30. Oct. bis 9. Nov. währte. Es wurde dabei erhalten:

Gefäſſ A, bei der Exposition	92	Grm.
" nach derselben	76,37	"
D. h. Abnahme	15,63	"
Gefäſſ B, bei der Exposition	105	"
" nach derselben	65,65	"
D. h. Abnahme	39,35	"
Gefäſſ C, bei der Exposition	230	"
" nach derselben	160,66	"
D. h. Abnahme	69,34	"

Hieraus ergibt sich wie oben wieder die von 1 Quadratdecimeter gelieferte Dunstmenge zu:

1 □ Decimeter lieferte in A 114,44 Grm.

" " " B 106,14 "

" " " C 92,30 "

und ebenso für die durch die Verdunstung in A als Einheit gemessene Dunsterzeugung der beiden andern Gefäße ergibt sich wieder, dieselbe gleich mit dem Resultate des ersten Versuches nochmals zusammengestellt:

Gefäß.	Verhältniß d. Oberfläche.	Verhältniß der Verdunstung.	
		Im 1. Versuch.	Im 2. Versuch.
A	1	1	1
B	2,7778	2,6351	2,5176
C	5,5005	4,5008	4,4363.

In diesem letzten Versuche erhielten sich also Oberflächenwachsthum und Dunstvermehrung wie:

Oberfläche 100 : 278 : 550

Dunstmenge 100 : 252 : 444.

In einem weitem Versuche wurde nun noch ein größeres Gefäß den drei frühern Atmometern angefügt, das wir also mit D bezeichnen wollen. Die Oberfläche desselben ergab sich aus dem Durchmesser zu:

Durchmesser 182 Millim.

D. h. Oberfläche 26016 □ Millim.

Die abermalige gleichzeitige Aufstellung der vier Gefäße ergab nun vom 29. Nov. bis 3. Dec. eine resp. Verdunstung wie:

Gefäß A, bei der Exposition	92,00 Grm.
" nach derselben	82,81 "
D. h. Abnahme	9,19 "
Gefäß B, bei der Exposition	105, "
" nach derselben	81,02 "
D. h. Abnahme	23,98 "
Gefäß C, bei der Exposition	230,00 "
" nach derselben	188,87 "
D. h. Abnahme	41,13 "

Gefäß <i>D</i> , bei der Exposition	710,00 Grm.
"      nach derselben	593,65 "
D. h. Abnahme	116,35 "

Berechnet man hieraus nun wieder wie oben die für 1 □ Decimeter gelieferte Dunstmenge, so erhält man folgende Zusammenstellung:

Gefäß.	Oberfläche.	Dunstbildung auf 1 □ Decimeter.
<i>A</i>	1365,7 □ Millim.	67,29 Grm.
<i>B</i>	3793,7 "	63,08 "
<i>C</i>	7512,2 "	54,75 "
<i>D</i>	26016 "	44,72 "

Hieraus leuchtet der durch die frühern Beispiele bereits dargelegte Einfluß der Oberflächengröße augenfällig hervor. Es war offenbar die Verdunstung in den gegen *A* neunzehn Mal größeren Gefäße bereits um ein volles Drittel herabgestimmt.

Stellen wir nun auch die Resultate dieses Versuches nochmals in der Weise zusammen, daß wir die in dem kleinsten Gefäße gelieferte Dunstmenge und die zugehörige Oberfläche als Maasseinheit für die der andern drei Atometer nehmen, so erhalten wir folgendes Schema:

Gefäß.	Oberfläche.	Erzeugte Dunstmenge.
<i>A</i>	1	1
<i>B</i>	2,7778	2,6039
<i>C</i>	5,5005	4,4755
<i>D</i>	19,049	12,660.

Oder es verhalten sich in runden Zahlen:  
 die Oberflächen wie 100 : 278 : 550 : 1905  
 dagegen die Dunstmengen wie 100 : 260 : 448 : 1266.

Diese Zahlenwerthe schlossen sich unmittelbar an die Praxis und geben ein Bild der Abhängigkeit der Verdunstung von der Oberflächengröße mit Einschluss sämtlicher Nebeneinflüsse. Ein Paar derselben glauben wir jedoch noch für die Beurtheilung des theoretischen Werthes dieser Angaben ein wenig näher berühren zu müssen. Diese sind der Einfluß der freistehenden Höhe der Gefäßwan-



dung und die Krümmung der exhalirenden Oberfläche durch die Flächenanziehung der Wandung. Der erstere macht sich offenbar in einer dem Wachsthum der Oberfläche entgegengesetzten Weise geltend. Die gleich hoch frei über die Flüssigkeit hervorragende Wandung zweier verschiedenen großer Atmometer wird bei dem kleinern offenbar eine relativ viel beträchtliche Verlangsamung der Verdunstung als bei dem größern bewirken. Dieser Einfluss findet auch schon bei unsern Versuchen statt und lässt als Resultat derselben zum Nachtheil des augenfälligen Hervortretens unserer Eingangsbehauptung die Verlangsamung der Dunstbildung bei wachsender Oberfläche zu gering erscheinen. Wenn in beiden verschiedenen großen Atmometern die Verdunstung voranschreitet, so sinkt das Niveau in dem kleinern wegen der verhältnismässig rascheren Dunsterzeugung auch schneller als in dem größern, während zugleich in der zunehmenden Höhe der freistehenden Gefäßwandung ein energisches Hinderniss der Verdunstung wächst. Es muss daher nach einer gewissen Zeit ein Moment eintreten, wo wirklich beide Atmidometer eine ihrer Oberfläche proportionale Verdunstung angeben, über diesen hinaus wird nun aber ein umgekehrtes Verhältniss stattfinden und nun vielmehr das größere Atmometer eine relativ größere Dunstmenge liefern, wie es der directe Versuch auch bestätigt. Dieser Umstand erschwert die Vergleichung verschiedener Atmidometer außerordentlich.

Ein Belagversuch nach dieser Richtung mag hier noch beigebracht werden. In demselben wurden die Gefässe absichtlich nicht bis zum Rande gefüllt, sondern nur partiell, so dass ein Theil der Wandung noch über die Flüssigkeit hervorragte. Es wurden dabei die Gefässe *A* und *D* als die extremen Fälle unserer Beobachtungsreihen verwandt, und ergab sich für dieselben:

	Gewicht	freie Wandung
Gefäß <i>A</i>	74,23 Grm.	17 Millim.
<i>B</i>	710	7

Die Exposition dauerte vom 8. bis 12. December und war alsdann:

Gefäß A	68,60 Grm.
D. h. Abnahme	5,63 "
Gefäß B	596,1 "
D. h. Abnahme	113,9 "

Setzt man nun wieder Verdunstung und Oberfläche im Gefäße  $A=1$ , so ergibt sich für das Verhältniß zwischen den Dunstbildungen und Oberflächen:

Verdunstung	Oberflächen
$A : D = 1 : 20,231$	$1 : 19,049$

Die größere Oberfläche lieferte also wirklich bereits bei den angegebenen Höhen der Gefäßwandungen auch eine größere Dunstmenge.

Zur Darlegung des großen Einflusses, den die Gefäßwandungshöhe auf das Voranschreiten der Verdunstung hat, schalten wir beispielsweise einen Versuch, den wir vor einigen Jahren nach dieser Richtung anstellten, ein. Für denselben dienten zwei cylindrische Glasgefäße von genau gleichem Durchmesser = 56,5 Millim. Von ihnen war das eine völlig mit Wasser angefüllt, während das andere eine freie Wand von 150 Millim. über der Flüssigkeit zeigte. Die Verdunstung in beiden gestaltete sich nun wie folgt:

	Volles Gefäß	Gefäß mit 150 Millim. freier Wandung
den 5. März	561,31 Grm.	202,30 Grm.
" 8. "	542,75 "	192,43 "
" 11. "	527,70 "	184,34 "
D. h. Ab.	33,61 "	17,96 "

Unter dieser Anordnung war also in dem Gefäße mit 150 Millim. freier Wandung die Verdunstung bereits etwa auf die Hälfte herabgesunken, woraus wieder erhellt, wie sehr man bei atmidometrischen Bestimmungen diesem Factor Rechnung zu tragen habe.

Der andere auf die Angabe unserer Verdunstungsmesser einwirkende Umstand — die Krümmung der freien Oberfläche infolge der Capillarescheinung — würde bei Admi-

dometern von sehr kleinen Dimensionen offenbar gleichfalls von wesentlichem Einfluß seyn. Die dadurch entstandene Flächenvergrößerung wird sich indeß bis zu einem gewissen Grade mit dem Hand in Hand mit ihr gehenden Wachsthum der freien Wandungshöhe ausgleichen. Um diese Alteration übrigens möglichst herabzustimmen wählten wir gleich für unser kleinstes Atmometer Dimensionen (41,7 Millim. Durchmesser), die den Einfluß dieses Umstandes sehr abschwächen mußten. Offenbar fällt derselbe beim Vergleich mit der neunzehn Mal größeren Oberfläche des Gefäßes *D* sehr gering aus; denn wollte man z. B. die vorwiegende Verdunstung im kleinen Gefäße (*A*) aus dieser Quelle der Oberflächenvergrößerung ableiten, so würde dieselbe dadurch eine Vergrößerung von nicht weniger als die Hälfte ihrer selbst (denn statt einer aus dem großen Atmometer ableitenden Verdunstung von 44,72 Grm. par. □ Decim. lieferte sie in Wirklichkeit 67,29 Grm.) erfahren müssen, wogegen der aus der Capillarität erwachsende wirkliche Zuwachs offenbar verschwindend klein ist.

Wir glauben, diese Hindeutung auf die Abhängigkeit der Verdunstung von der Oberflächengröße in den Fällen gewöhnlicher Praxis, wird dieselbe für den angestrebten Zweck klar darlegen. Es war nicht unsere Absicht die Relation zwischen beiden in einen mathematischen Ausdruck zu bringen, wofür ein zur Zeit vielleicht noch kaum disponibeler wissenschaftlicher Apparat erforderlich seyn würde, und wir genügen uns daher auf diese Einflüsse, die bis jetzt wohl zu gering geschätzt wurden, überhaupt und im Allgemeinen, wie auf ihre Wichtigkeit für Atmidometrie und daraus abgeleitete Resultate (Dunstlieferung von Seen u. s. w.) hingedeutet zu haben.

München, den 8. August 1861.

#### XIV. *Flüssigkeits-Diffusion, angewandt auf Analyse; von Thomas Graham.*

(*Proceed. of the R. Soc. Vol. XI, p. 243, auch Compt. rend.*

*T. LIII, p. 275.*)

Die ungleiche Diffusibilität der verschiedenen Substanzen in Wasser scheint Trennungsmittel darzubieten, nicht unähnlich denen, die man seit lange auf die ungleiche Flüchtigkeit gegründet hat. Denn bei der Diffusion giebt es eine Klasse flüchtiger Substanzen und eine feuerfester Substanzen und diese Verschiedenheiten scheinen sich auf fundamentale Unterschiede in der Molecularconstitution der Körper zu beziehen. Es ist ein schätzbarer Charakter der Diffusion, daß sie Mittel liefert, die unterscheidenden Eigenschaften zweier anscheinend grossen Abtheilungen chemischer Substanzen klar festzusetzen und einem numerischen Ausdruck zu unterwerfen.

Die erste Klasse, die der diffusiven Substanzen ist charakterisirt durch ihre Tendenz zum Krystallisiren, sey es für sich oder in Verbindung mit Wasser.

Sind die Substanzen gelöst, so werden sie mit einer gewissen Kraft vom Lösemittel zurückgehalten, und andererseits ändern sie die Flüchtigkeit des Wassers ab. Die Lösung ist im Allgemeinen nicht schleimig und hat immer Geschmack. Ihre Reactionen sind kräftig und gehen schnell vor sich. Diefs ist die Klasse der *Krystalloide*.

Die andere Klasse, von schwacher Diffusibilität, kann die der *Colloide* genannt werden, da ihr Typus die thierische Gallerte zu seyn scheint. Ihre Tendenz zum Krystallisiren ist Null oder sehr schwach und ihre Structur glasartig. Die harten und brüchigen Krystallflächen sind bei den Colloiden ersetzt durch abgerundete Umrisse mit mehr oder weniger weicher und zäher Textur. Das Krystallisationswasser ist vertreten durch Gelatinirungswasser. Die Colloide werden nur durch eine schwache Kraft in Lösung erhalten; sie wirken

nur wenig auf die Flüchtigkeit des Lösemittels. Sie werden aus ihren Lösungen durch Zusatz von Krystalloiden gefällt. Wenn concentrirt, haben die Lösungen der Colloide immer einen gewissen Grad von gummiger Schleimigkeit. Sie scheinen wenig oder gar keinen Geschmack zu haben (*appear to be insipid or wholly tasteless*), sobald sie nicht im Gaumen eine Zersetzung erleiden und schmeckende Krystalloide hervorrufen. Ihre starren Hydrate sind gallertartige Körper. Sie vereinigen sich mit Wasser mit schwacher Kraft, und das ist im Allgemeinen der Charakter der Verbindungen zwischen einem Colloid und einem Krystalloid, selbst wenn letzteres ein kräftiges Reagens in seiner eignen Klasse ist, z. B. eine Base. Bei chemischen Reactionen erscheint das Krystalloid als die thätige (*energetic*), und das Colloid als die leidende (*inerte*) Form der Materie. Das Aequivalent des Colloids scheint immer hoch zu seyn; es hat ein schweres Molecül. Zu den Colloiden gehören die Kieselsäure und eine Anzahl löslicher Metalloxydhydrate, von denen bisher wenig bekannt ist, ferner Stärkmehl, Gummiarten, Dextrin, Caramel, Gerbstoff, Eiweiß, thierische und pflanzliche Extractivstoffe. Vermöge ihrer eigenthümlichen Structur und chemischer Indifferenz scheinen die Colloide geeignet zu seyn für die thierische Organisation, deren plastische Elemente sie ausmachen.

Obwohl die beiden Klassen in ihren Eigenschaften von einander abweichen, so scheint doch ein vollkommener Parallelismus zwischen ihnen zu bestehen. Ihr Daseyn in der Natur scheint eine entsprechende Theilung der Chemie in eine krystalloide und eine colloide zu erfordern.

Obwohl die Colloide in gewöhnlichem Sinn chemisch unwirksam sind, besitzen sie doch eine ihnen eigene verhältnißmäßige Thätigkeit, welche aus ihren physikalischen Eigenschaften entspringt. Während die Rigidität der krystallinischen Structur äußere Eindrücke ausschließt, nähert sich die Weichheit der gallertartigen Colloide der Fluidität, und ein Colloid wird dadurch fähig ein Medium für flüssige Diffusion zu werden, wie Wasser selbst. In denjenigen

Co  
sch  
bar  
ein  
der  
ist  
bes  
ver  
hall  
sätt  
läfs  
abe  
Rö  
sich  
nich  
ger  
stei  
Das  
kry  
coll  
misch  
Col  
wah  
ben  
Auf  
sie  
sche  
lich  
loid  
Die  
Bod  
sche  
hob  
stan  
um  
1)

Colloiden, welche bei hoher Temperatur bestehen können, scheint diese Durchdringlichkeit die Form einer Cementirbarkeit anzunehmen. Dadurch entspringt bei den Colloiden eine weite Empfindlichkeit für äußere Agentien. Eine andere ungemein charakteristische Eigenschaft der Colloide ist ihre Veränderlichkeit (*mutability*). Ihr Daseyn ist eine beständige Metastase. In dieser Hinsicht läßt sich ein Colloid vergleichen mit Wasser im Zustand der Flüssigkeit unterhalb seines gewöhnlichen Gefrierpunkts oder mit einer übersättigten Salzlösung. Eine Lösung von Kieselsäurehydrat läßt sich leicht im Zustande der Reinheit erhalten, kann aber nicht aufbewahrt werden. In einer zugeschmolzenen Röhre kann sie tage- oder wochenlang flüssig bleiben, aber sicher galatinirt sie zuletzt. Die Veränderung derselben bleibt nicht einmal hiebei stehen. Denn die aus Wasser abgelagerten mineralischen Formen der Kieselsäure, wie Feuerstein, scheinen während der geologischen Perioden ihres Daseyns aus dem glasigen oder colloidalen Zustand in den krystallinischen übergegangen zu seyn (H. Rose). Der colloïdale Zustand der Materie ist in der That ein dynamischer, der krystalloïdische dagegen ein statischer. Das Colloid besitzt *Energie*. Es läßt sich betrachten als die wahrscheinliche primitive Quelle der Kraft, die in den Lebens-Erscheinungen auftritt, als lebende Materie ohne Form. Auf die Allmählichkeit der colloidalen Veränderungen (denn sie erfordern immer Zeit als Element ')) kann die chronische Natur und Periodität der Lebens-Erscheinungen schließ- lich bezogen werden.

Zur gegenseitigen Trennung ungleich diffusiver Krystalloïde benutzte man die Flaschen-Diffusion (*Jar-Diffusion*). Die gemischte Lösung wurde mittelst einer Pipette auf den Boden einer Wassersäule gebracht, die in einer cylindrischen Glasflasche enthalten war. Es tritt eine Art von Cohobation ein, indem eine Portion der diffusivsten Substanz aufsteigt und sich von den weniger diffusiven trennt, um so vollständiger, als sie sich erhebt.

1) Eine Veränderung ohne Zeit ist ja auch überhaupt undenkbar. (P.)

Die Trennung eines Krystalloids von einem Colloid wird am besten bewirkt, wenn man die Diffusion verbindet mit der Wirkung einer Scheidewand (*septum*), die aus einer unlöslichen colloidalen Substanz besteht. Zu letzterem Zwecke ist dienlich thierische Membran, oder ein Häutchen gelatinöser Stärke, Gallerthydrat selbst, Eiweiß oder thierischer Schleim. Allein die wirksamste Scheidewand, die gebraucht wurde, war das durch Schwefelsäure metamorphosirte Papier (*Gainé*). Es wird jetzt von den HH. De la Rue verfertigt und ist unter dem Namen *vegetabilisches Pergament* oder *Pergamentpapier* bekannt. Es wurde aus Guttapercha ein flacher Reif von 8 bis 10 Zoll Durchmesser und 3 Zoll Höhe gebildet, und derselbe an einer Seite mit Pergamentpapier überzogen, sonach also ein siebartiges Gefäß gebildet. Auf diese Scheidewand goß man eine gemischte Lösung, z. B. von Gummi und Zucker, bis zur Höhe eines halben Zolls, und ließ dann das Instrument auf einer beträchtlichen Menge Wassers schwimmen, die in einem Becken enthalten war. Innerhalb 24 Stunden diffundirten drei Viertel des Zuckers, und so frei von Gummi, daß er von Bleiessig kaum getrübt ward und bei Verdunstung des äußeren Wassers auf einem Sandbade krystallisirte.

Die ungleiche Wirkung der Scheidewand, welche die eben beschriebene Trennung hervorbrachte, scheint auf Folgendem zu beruhen. Der krystalloidische Zucker ist fähig, aus der wasserhaltigen colloidalen Scheidewand Wasser aufzunehmen und somit ein Diffusions-Medium zu bilden; das colloidale Gummi dagegen hat wenig oder keine Macht das Wasser derselben Scheidewand abzuschneiden, und öffnet daher nicht die Thür zu seiner Entweichung durch Diffusion, wie es der Zucker thut. Diese trennende Wirkung der colloidalen Scheidewand kann *Dialyse* genannt werden.

Die Dialyse wurde zur Darstellung verschiedener Colloide angewandt. Man brachte eine gemischte Lösung, erhalten durch Eingießen von kieselsaurem Natron in mit Chlorwasserstoffsäure angesäuertes Wasser, auf einen Dia-



lyser von Pergamentpapier und liefs sie in Wasser diffundiren, welches ab und zu erneut ward. Nach Verlauf von fünf Tagen fanden sich sieben Achtel der ursprünglichen Kieselsäure im flüssigen Zustand auf der Scheidewand und so frei von Chlorwasserstoffsäure und Chlornatrium, dafs sie keinen Niederschlag mit saurem salpetersaurem Silber gaben. Wahres Thonerdehydrat und Hrn. Crum's Metathonerde wurden durch dialysirende Lösungen dieser Oxyde in dem Chlorid und dem Acetat desselben Metalles löslich erhalten. Ebenso das Eisenoxydhydrat in Zusatz zu dem Metaeisenoxydhydrat des Hrn. Péan de St. Gilles, und das lösliche Chromoxydhydrat. Die Varietäten des Berlinerblaus wurden durch Dialysirung ihrer Lösung in klee-saurem Ammoniak löslich erhalten, wobei das letztere Salz fortdiffundirte. Zinn- und Titansäure erschienen als unlösliche gelatinöse Hydrate.

Eine Lösung von arabischem Gummi (Gummat von Kalk), nach Zusatz von Chlorwasserstoffsäure dialysirt, gab sogleich reine Frémy'sche Gummisäure. Eiweifs erhielt man löslich im Zustande der Reinheit, indem man es mit einem Zusatz von Essigsäure diffundirte.

Caramel von Zucker, durch wiederholte Fällung mit Alkohol und nachherige Dialyse gereinigt, enthält mehr Kohlenstoff als irgend einer der caramelartigen Körper des Hrn. Gélis; es bildet im concentrirten Zustande eine zitternde Gallerte und erscheint entschieden colloidal. Der Caramel hat, wie alle Colloide, eine lösliche und eine unlösliche Modification. Die letztere wird wieder löslich durch successive Wirkung von Alkali und von Essigsäure, und nachherige Dialyse.

Die Dialyse erweist sich höchst nützlich zur Abscheidung der arsenigen Säure und anderer Metallgifte von organischen Flüssigkeiten. Entfasertes Blut, Milch und andere organische Flüssigkeiten, mit einigen wenigen Grammen arseniger Säure versetzt und auf den Dialyser gebracht, theilten den gröfseren Theil der arsenigen Säure im Laufe von 24 Stunden dem äufseren Wasser mit. Das

Diffusat war so frei von organischer Substanz, daß das Metall sich leicht durch Schwefelwasserstoff fällen und quantitativ bestimmen liefs.

Eis, bei oder nahe bei seinem Schmelzpunkt, scheint eine colloidale Substanz zu seyn und zeigt einige Aehnlichkeit mit fester Gallerte hinsichtlich der Elasticität und der Tendenz zu spalten und beim Contact sich wieder zu vereinigen.

Die Betrachtung der Eigenschaften gelatinöser Colloide scheint zu zeigen, daß die Osmose ein Effect der Dehydration des gelatinösen Septums unter Einflüssen von katalytischem Charakter ist und daß das Phänomen nicht auf Diffusion beruht. Das colloidale Septum ist fähig, sich beim Contact mit reinem Wasser stärker zu hydratiren als beim Contact mit alkalischer Lösung. Colloidale Septa, die in Folge des Contacts mit verdünnter Säure oder verdünntem Alkali angeschwollen sind, scheinen durch ihren ungewöhnlich hohen Grad von Hydratirung, eine größere Empfindlichkeit für die Osmose zu erlangen.